

T S1/5/1

1/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011609195 **Image available**

WPI Acc No: 1998-026323/199803

XRPX Acc No: N98-020864

3D image processor - has memory to store formed parametric image data generated by generating unit, which indicates points corresponding to identified luminescence points

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

| Patent No | Kind | Date | Applicat No | Kind | Date | Week |
|------------|------|----------|-------------|------|----------|----------|
| JP 9284809 | A | 19971031 | JP 9697134 | A | 19960418 | 199803 B |

Priority Applications (No Type Date): JP 9697134 A 19960418

Patent Details:

| Patent No | Kind | Lan Pg | Main IPC | Filing Notes |
|------------|------|--------|-------------|--------------|
| JP 9284809 | A | 43 | H04N-013/02 | |

Abstract (Basic): JP 9284809 A

The processor has an input unit which inputs certain multi- visual point images of a photographed object. An identification unit identifies each luminescence point of the multi-visual point images corresponding to each luminescent point of the photographed object.

A generating unit forms a parametric image data which indicates the corresponding points by which identification about each luminescent point is performed. A memory is provided to store the formed parametric image data.

ADVANTAGE - Reduces required memory capacity. Enables to display 3D image.

Dwg.10/29

Title Terms: IMAGE; PROCESSOR; MEMORY; STORAGE; FORMING; PARAMETER; IMAGE; DATA; GENERATE; GENERATE; UNIT; INDICATE; POINT; CORRESPOND; IDENTIFY; LUMINESCENT; POINT

Derwent Class: T01; W04

International Patent Class (Main): H04N-013/02

International Patent Class (Additional): G06T-007/00

File Segment: EPI

?

T S6/5/1

6/5/1

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05670009 **Image available**

IMAGE PROCESSING UNIT AND IMAGE PROCESSING METHOD

PUB. NO.: 09-284809 [JP 9284809 A]

PUBLISHED: October 31, 1997 (19971031)

INVENTOR(s): URISAKA SHINYA

KATAYAMA AKIHIRO

TANAKA KOUICHIROU

ONO EITA

APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)

APPL. NO.: 08-097134 [JP 9697134]

FILED: April 18, 1996 (19960418)

INTL CLASS: [6] H04N-013/02; G06T-007/00

JAPIO CLASS: 44.6 (COMMUNICATION -- Television); 45.9 (INFORMATION
PROCESSING -- Other)

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To smoothly output the image corresponding to the movement of a visual point and the change in the visual point direction of a viewer by detecting the position of eyes of the viewer or the like and re-configuring an image viewed by the viewer with a plurality of images.

SOLUTION: The image processing unit is made up of a reference point locus detection section 50 and an on-demand interpolation display section 60. The on-demand interpolation display section 60 has a data input section 30, a reference point locus interpolation section 31, an image display section 33, and a view point position input section 32. Then the data input section 30 receives parametric data from a file 40. The reference point locus interpolation section 31 interpolates a reference point locus of the data entry section 30 based on the actual view point of the viewer (received by the view point position entry section 32 from a detector 80) to generate an image viewed from the view point. The stereoscopic image thus generated is displayed on a screen 70 by the image display section 33.

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-284809

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

| (51) Int.Cl. ⁴ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|--------|---------------|--------|
| H 0 4 N 13/02 | | | H 0 4 N 13/02 | |
| G 0 6 T 7/00 | | | G 0 6 F 15/62 | 4 1 5 |

審査請求 未請求 請求項の数49 O L (全 43 頁)

(21) 出願番号 特願平8-97134

(22) 出願日 平成8年(1996)4月18日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 瓜坂 真也

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 片山 昭宏

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 田中 宏一良

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 大塚 康徳 (外1名)

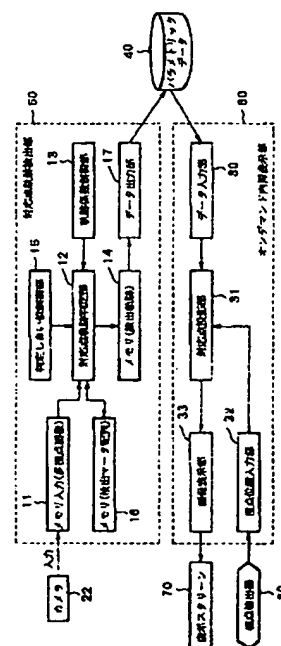
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置及び画像処理方法

(57) 【要約】

【課題】 観察者の視点が任意方向に移動されても、その移動に追隨して立体画像を表示する画像処理装置を提案する。

【解決手段】 エビホーラプレーンイメージ化された多視点画像から生成されたパラメトリック画像データを読み出し、記憶しておき、観察者が移動したときの目の位置を検出し、検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、記憶されたパラメトリック画像データから内挿補間して生成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段とを有する画像処理装置。

【請求項2】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データと対応する輝点の画素値とを記憶する記憶手段とを有する画像処理装置。

【請求項3】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化する手段と、階層化されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段とを有する画像処理装置。

【請求項4】 前記パラメトリック画像データは、個々の輝点について同定された対応点の軌跡を近似表現する直線の傾き及び切片であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項5】 前記入力手段は、予め多数の方向から撮影された画像を格納したデータベースから前記多視点画像を入力することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項6】 前記入力手段は、1台以上のカメラから前記多視点画像を入力するものであることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項7】 前記同定手段は、前記複数の多視点画像から夫々のエビポーラ・ブレン画像を抽出し、抽出したエビポーラ・ブレン画像上で対応点を同定することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項8】 前記同定手段は、前記多視点画像データ中で平面状軌跡を検出することを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項9】 前記生成手段は、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化することを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項10】 前記生成手段は、検出された傾きを量子化することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項11】 前記生成手段は、同定された輝点の画素値を差分符号化することを特徴とする請求項1乃至10のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項12】 前記階層化手段は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成することを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。

【請求項13】 さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮手段を具備することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項14】 前記圧縮手段は、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施すことを特徴とする請求項14に記載の画像処理装置。

【請求項15】 前記圧縮手段は、基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を施すことを特徴とする請求項13または14に記載の画像処理装置。

【請求項16】 前記階層化手段は、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化することを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。

【請求項17】 エビポーラブレンイメージ化された多視点画像から生成されたパラメトリック画像データを読出可能に記憶する記憶手段と、観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成する画像生成手段と、生成された画像を出力する画像出力手段を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項18】 エビポーラブレンイメージ化された多視点画像から所定の圧縮方法により圧縮されて生成されたパラメトリック画像データを読出可能に記憶する記憶手段と、

観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に関連するパラメトリック画像データを全記憶手段から読み出して伸張する伸張手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出した前記パラメトリック画像データから生成する画像生成手段と、生成された再生画像を出力する画像出力手段を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項19】 前記パラメトリック画像データは、前

もって、

それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像から、前記被写体のそれぞれの輝点の、前記複数の多視点画像に互る軌跡を表すものとして得たパラメトリック画像データであることを特徴とする請求項17または18に記載の画像処理装置。

【請求項20】 前記検出手段はさらに観察者の視線を検出し、前記画像生成手段は、前記再生画像を、前記検出手段が検出した視点位置と視線とに基づいて、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする請求項17乃至19のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項21】 前記画像出力手段は表示装置であることを特徴とする請求項17乃至20のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項22】 前記画像生成手段は、パラメトリック画像データ中の直線状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点を画像面上に投影することを特徴とする請求項19に記載の画像処理装置。

【請求項23】 前記画像生成手段は、パラメトリック画像データ中の平面状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点を画像面上に投影することを特徴とする請求項19に記載の画像処理装置。

【請求項24】 前記画像生成手段が生成した画像のゆがみを補正する歪み補正手段をさらに備えたことを特徴とする請求項17乃至23のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項25】 前記表示装置はステレオディスプレイであることを特徴とする請求項21に記載の画像処理装置。

【請求項26】 前記表示装置は円弧状の表示面をもつディスプレイであることを特徴とする請求項21または25に記載の画像処理装置。

【請求項27】 前記画像生成手段は、検出された視線に基づいて処理範囲を視線方向に限定することを特徴とする請求項20に記載の画像処理装置。

【請求項28】 前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な方向で検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された方向の位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする請求項17乃至27のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項29】 前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な第1の方向と、この第1の方向に垂直な方向であって水平面内に含まれる第2の方向とで検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された前記第1の方向と第2の方向における位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを

特徴とする請求項17乃至28のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項30】 前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な第1の方向と、この第1の方向に垂直な方向であって水平面内に含まれる第2の方向と、前記第1と第2の方向に垂直な第3の方向とで検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された前記第1の方向と第2の方向と第3の方向とにおける位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする請求項17乃至29のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項31】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データに基づいて生成する画像生成手段とを具備する画像処理装置。

【請求項32】 前記画像出力装置の解像度を検出する手段をさらに有し、前記生成手段は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成し、

前記記憶手段は解像度毎に生成されたパラメトリック画像データを記憶する生成されたパラメトリック画像データを記憶し、

前記画像生成手段は、検出された解像度に応じて、前記記憶手段から読み出すパラメトリック画像データデータを制御することを特徴とする請求項24に記載の画像処理装置。

【請求項33】 前記画像生成手段は検出された視点位置に基づいて、前期パラメトリック画像データに対して内挿処理を行うことを特徴とする請求項17乃至32のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項34】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力工程と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定工程と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成工程と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶工程と、

観察者の目の位置を検出する検出工程と、

検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点

とする再生画像を、前記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成し、その再生画像を出力する出力工程とを備えたことを特徴とする画像処理方法。

【請求項35】 前記憶工程において、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データと、当該輝点の画素データとを併せて記憶し、

前記画像生成工程において、検出された視点に対応するパラメトリック画像データに対して、内挿補間処理を行うことを特徴とすることを特徴とする請求項34に記載の画像処理方法。

【請求項36】 さらに、生成されたパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化する階層化工程を有することを特徴とする請求項34乃至35のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項37】 前記パラメトリック画像データは、個々の輝点について同定された対応点の軌跡を近似表現する直線の傾き及び切片であることを特徴とする請求項34乃至36のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項38】 前記入力工程では、予め多数の方向から撮影された画像を格納したデータベースから前記多視点画像を入力することを特徴とする請求項34乃至37のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項39】 前記入力工程は、1台以上のカメラから前記多視点画像を入力することを特徴とする請求項34乃至38のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項40】 前記同定工程は、前記複数の多視点画像から夫々のエッジ・プレーン画像を抽出し、抽出したエッジ・プレーン画像上で対応点を同定することを特徴とする請求項34乃至39のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項41】 前記同定工程は、前記多視点画像データ中で平面状軌跡を検出することを特徴とする請求項34乃至40のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項42】 前記生成工程は、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化することを特徴とする請求項34乃至41のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項43】 前記生成工程は、検出された傾きを量子化することを特徴とする請求項35に記載の画像処理方法。

【請求項44】 前記生成工程は、同定された輝点の画素値を差分符号化することを特徴とする請求項34乃至43のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項45】 前記階層化工程は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成することを特徴とする請求項36に記載の画像処理方法。

【請求項46】 さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮工程を具備することを特徴とする請求項35に記載の画像処理方法。

【請求項47】 前記圧縮工程は、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施すことを特徴とする請求項46に記載の画像処理方法。

【請求項48】 前記圧縮工程は、基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を施すことを特徴とする請求項46または47に記載の画像処理方法。

【請求項49】 前記階層化工程は、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化することを特徴とする請求項36に記載の画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】本発明は、観察者の現在の目の位置等に応じた再生画像を出力するために必要なパラメトリック画像データを生成記憶する画像処理装置及び画像処理方法、並びに、記憶されたパラメトリック画像データから観察者の現在の目の位置等に応じた再生画像を出力する画像処理装置及び画像処理方法に関するものである。

【従来の技術】従来、前もって得た複数の視点からの画像に基づいて立体表示を行う装置として、ステレオディスプレイやレンチキュラーディスプレイなどがある。ステレオディスプレイは、2台のカメラから得られる左目用画像と右目用画像とを交互に高速に切り替えて表示する。観察者は、この切り替えに同期するシャッターメガネや偏光メガネを用いることにより、映像を立体的に観察することができる。また、レンチキュラーディスプレイは、例えば4台のカメラからの画像をそれぞれ画素単位に並べ替え、この並べ替えた画像を前面にレンチキュラーシートを張り付けた表示装置において表示する。観察者は、レンチキュラーシート上に映じた4視点の映像の2つを立体映像として見ることになる。また、4視点を映じるレンチキュラーシートを用いれば、観察者は2つの異なる位置において立体視が可能になる。

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の立体画像表示では、画像を撮影した時におけるカメラの撮影方向と同じ方向（同じ視線）の立体像しか観察することができなかった。すなわち、例えば2台のカメラを固定して物体を撮影して2つの画像を得ても、観察者が視点（目の位置）を移動しても見える画像は同じである。たとえ観察者の側が視点を移動しても、その移動が反映されないで臨場感に欠けるという問題点がある。尚、レンチキュラーディスプレイは、観察者の視点の左右方向の移動に対応して立体視を維持することができるが、それは複数のカメラのどれかから見た画像をとびとびに見るというものであって、連続的な視点移動には対応できない。前後方向への視点を移動させることはできない。立体視を前後方向への視点移動に

についても維持することに関して、コンピュータ・グラフィックスで予め作成された画像を用いて立体視する場合には可能であるが、これはコンピュータ・グラフィックスという画像としては単純なものを、画像内の点の対応する3次元空間内での座標値が全て明らかにしておくという特殊な状況を満足させて初めて可能になるものである。一方、複数の視点位置から撮影した画像をもとに、撮影した位置とは異なった位置から撮影した画像を生成する手段としてエビボラ・ブレン・イメージ（以下EPIと略す）を用いる方法がある。この方法は、第29図に示すように、予め複数の視点（第29図の例では4視点）からの画像を取り込んでおき、各画像中の同じ水平位置にあるラインを抽出して1つの画像に合成し、このEPI上で直線検出を行うことにより注目点に対応する点（対応点）を求め、撮影した位置とは異なる位置から撮影した場合に得られるであろう画像を内挿補間により生成するというものである。しかしながら、上記のEPIを用いた従来例では観察者の動きに応じて滑らかに変化する映像を得ることは困難であった。また、上記従来例では視線方向は常に一定であり、対象物の横や後方に回り込んで眺めることはできなかった。本発明は、上記問題点を鑑みてなされたもので、観察者の目の位置が任意に移動しても、移動した視点に応じた再生画像を与えることができるようなパラメトリック画像データを生成して記憶することの出来る画像処理方法及び画像処理装置を提供することにある。本発明の他の目的は、観察者の目の位置が任意に移動しても、移動した視点に応じた再生画像を与えることができるようなパラメトリック画像データを生成して出力することの出来る画像処理方法及び画像処理装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するために、本発明の請求項1に係る画像処理装置は、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段とを有することを特徴とする。同課題を達成するための、他の構成を有するところの、請求項2に係る本発明の画像処理装置は、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データと対応する輝点の画素値とを記憶する記憶手段とを有する。同課題を達成するための、他の構成を有するところの、請求項3に係る本発明の画像処理

装置は、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化する手段と、階層化されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段とを有する。本発明の好適な一態様である請求項4に拠れば、前記パラメトリック画像データは、個々の輝点について同定された対応点の軌跡を近似表現する直線の傾き及び切片である。本発明の好適な一態様である請求項5に拠れば、前記入力手段は、予め多数の方向から撮影された画像を格納したデータベースから前記多視点画像を入力することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項6に拠れば、前記入力手段は、1台以上のカメラから前記多視点画像を入力するものであることを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項7に拠れば、前記同定手段は、前記複数の多視点画像から夫々のエビボラ・ブレン画像を抽出し、抽出したエビボラ・ブレン画像上で対応点を同定することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項8に拠れば、前記同定手段は、前記多視点画像データ中で平面状軌跡を検出することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項9に拠れば、前記生成手段は、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項10に拠れば、前記生成手段は、検出された傾きを量子化することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項11に拠れば、前記生成手段は、同定された輝点の画素値を差分符号化することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項6に拠れば、前記階層化手段は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項13に拠れば、さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮手段を具備することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項14に拠れば、前記圧縮手段は、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施すことを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項15に拠れば、前記圧縮手段は、基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を施すことを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項16に拠れば、前記階層化手段は、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化することを特徴とする。上記課題を達成するための本発明の請求項17に係る画像処理装置は、エビボラブレンイメー

ジ化された多視点画像から生成されたパラメトリック画像データを読出可能に記憶する記憶手段と、観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成する画像生成手段と、生成された画像を出力する画像出力手段を備えたことを特徴とする。上記課題を達成するための本発明の請求項18に係る画像処理装置は、エピソードプレーンイメージ化された多視点画像から所定の圧縮方法により圧縮されて生成されたパラメトリック画像データを読出可能に記憶する記憶手段と、観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に関連するパラメトリック画像データを全記憶手段から読み出して伸張する伸張手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出した前記パラメトリック画像データから生成する画像生成手段と、生成された再生画像を出力する画像出力手段を備えたことを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項19の画像処理装置に拠れば、前記パラメトリック画像データは、前もって、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像から、前記被写体のそれぞれの輝点の、前記複数の多視点画像に互る軌跡を表すものとして得たパラメトリック画像データである。本発明の好適な一態様である請求項20の画像処理装置に拠れば、前記検出手段はさらに観察者の視線を検出し、前記画像生成手段は、前記再生画像を、前記検出手段が検出した視点位置と視線とに基づいて、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項21の画像処理装置に拠れば、前記画像出力手段は表示装置であることを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項22の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段は、パラメトリック画像データ中の直線状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点を画像面上に投影することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項23の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段は、パラメトリック画像データ中の平面状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点を画像面上に投影することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項24の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段が生成した画像のゆがみを補正する歪み補正手段をさらに備えたことを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項25の画像処理装置に拠れば、前記表示装置はステレオディスプレイであることを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項26の画像処理装置に拠れば、前記表示装置は円弧状の表示面をもつディスプレイであることを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項27の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段は、検出された視線に基づいて処理範囲を視線方向に限

定することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項28の画像処理装置に拠れば、前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な方向で検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された方向の位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項29の画像処理装置に拠れば、前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な第1の方向と、この第1の方向に垂直な方向であって水平面内に含まれる第2の方向とで検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された前記第1の方向と第2の方向における位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項30の画像処理装置に拠れば、前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な第1の方向と、この第1の方向に垂直な方向であって水平面内に含まれる第2の方向と、前記第1と第2の方向に垂直な第3の方向とで検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された前記第1の方向と第2の方向と第3の方向とにおける位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする。上記課題を達成するための請求項31に係る画像処理装置は、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データに基づいて生成する画像生成手段とを具備する。本発明の好適な一態様である請求項32の画像処理装置に拠れば、前記画像出力装置の解像度を検出する手段をさらに有し、前記生成手段は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成し、前記記憶手段は解像度毎に生成されたパラメトリック画像データを記憶する生成されたパラメトリック画像データを記憶し、前記画像生成手段は、検出された解像度に応じて、前記記憶手段から読み出すパラメトリック画像データデータを制御することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項33の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段は検出された視点位置に基づいて、前期パラメトリック画像データに対して内挿処理を行うことを特徴とする。上記課題を達成するための本発明の画像処理方法は、それぞれ異なる位置から

同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力工程と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定工程と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成工程と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶工程と、観察者の目の位置を検出する検出工程と、検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成し、その再生画像を出力する出力工程とを備えたことを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項35の画像処理方法に拠れば、前記記憶工程において、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データと、当該輝点の画素データとを併せて記憶し、前記画像生成工程において、検出された視点に対応するパラメトリック画像データに対して、内挿補間処理を行う。本発明の好適な一態様である請求項36の画像処理方法に拠れば、さらに、生成されたパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化する階層化工程を有する。本発明の好適な一態様である請求項37の画像処理方法に拠れば、前記パラメトリック画像データは、個々の輝点について同定された対応点の軌跡を近似表現する直線の傾き及び切片である。本発明の好適な一態様である請求項38の画像処理方法に拠れば、前記入力工程では、予め多数の方向から撮影された画像を格納したデータベースから前記多視点画像を入力する。本発明の好適な一態様である請求項39の画像処理方法に拠れば、前記入力工程は、1台以上のカメラから前記多視点画像を入力する。本発明の好適な一態様である請求項40の画像処理方法に拠れば、前記同定工程は、前記複数の多視点画像から夫々のエビポーラ・プレーン画像を抽出し、抽出したエビポーラ・プレーン画像上で対応点を同定する。本発明の好適な一態様である請求項41の画像処理方法に拠れば、前記同定工程は、前記多視点画像データ中で平面状軌跡を検出する。本発明の好適な一態様である請求項42の画像処理方法に拠れば、前記生成工程は、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化する。本発明の好適な一態様である請求項43の画像処理方法に拠れば、前記生成工程は、検出された傾きを量子化する。本発明の好適な一態様である請求項44の画像処理方法に拠れば、前記生成工程は、同定された輝点の画素値を差分符号化する。本発明の好適な一態様である請求項45の画像処理方法に拠れば、前記階層化工程は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成する。本発明の好適な一態様である請求項46の画像処理方法に拠れば、さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮工程を具備する。本発明の好適な一態様である請求項47の画像処理方法に拠れば、前記圧縮工程

は、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施す。本発明の好適な一態様である請求項48の画像処理方法に拠れば、前記圧縮工程は、基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を施す。本発明の好適な一態様である請求項49の画像処理方法に拠れば、前記階層化工程は、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化する。

【作用】請求項1による画像処理装置によれば、記憶手段に、多視点画像の輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを記憶せしめるので、この記憶手段のパラメトリック画像データを用いた画像再生が可能となる。請求項2による画像処理装置によれば、記憶手段に、多視点画像の輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データと、同輝点の画素値とを記憶せしめるので、この記憶手段のパラメトリック画像データを用いた画像再生が可能となる。請求項3による画像処理装置によれば、記憶手段に、多視点画像の輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化して記憶せしめるので、この記憶手段のパラメトリック画像データを用いることにより、再生側の出力手段の解像度に応じた画像再生が可能となる。請求項4による画像処理装置によれば、多視点画像は所定の直線方向に沿って撮影するので、直線によってパラメータ化するのが好適である。請求項5、6の画像処理装置によれば、多視点画像は、データベース、または1台以上のカメラから得られたものである。請求項7の画像処理装置に拠れば、エビポーラ・プレーン画像は直線抽出に好適である。請求項8の画像処理装置に拠れば、観察者が上下方向に移動したときにも追跡が可能なパラメトリック画像データを生成することが出来る。請求項9の画像処理装置に拠れば、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化することによりデータ量を圧縮する。請求項10の画像処理装置に拠れば、量子化対象は検出された傾きである。請求項11の画像処理装置に拠れば、同定された輝点の画素値が差分符号化される。請求項12の画像処理装置に拠れば、パラメトリック画像データを異なる解像度毎に別個に生成するので、再生手段である出力装置の解像度に応じたパラメトリック画像データを生成することが出来、高速化に寄与する。請求項13の画像処理装置に拠れば、さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮手段を具備することとを特徴とする。請求項14の画像処理装置に拠れば、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施す。パラメトリック画像データと画素値とは物理的性質が異なるために、その性質にあった圧縮が好ましい。請求項15の画像処理装置に拠れば、

基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を行うので、圧縮効率が上がる。請求項16の画像処理装置に拠れば、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化するので、記録効率が上昇する。請求項17の画像処理装置に拠れば、観察者の任意の移動に対しても、その移動にあった再生画像が出力される。請求項18の画像処理装置に拠れば、記憶容量の低減と、観察者の任意の移動を確保することの両立が図れる。請求項19の画像処理装置に拠れば、前記パラメトリック画像データは、前もって、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像から、前記被写体のそれぞれの輝点の、前記複数の多視点画像に互る軌跡を表すものとして得たパラメトリック画像データである。請求項20の画像処理装置に拠れば、観察者は、その位置のみならず、視線方向も移動させることが許される。請求項21の画像処理装置に拠れば、前記画像出力手段は表示装置である。請求項22の画像処理装置に拠れば、パラメトリック画像データ中の直線状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点が画像面上に投影される。請求項23の画像処理装置に拠れば、パラメトリック画像データ中の平面状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点が画像面上に投影される。請求項24の画像処理装置に拠れば、例えば、画像再生に際して、奥行き方向もしくは上下方向の視点移動を考慮することにより、再生画像のゆがみを補正する。請求項25、26の画像処理装置に拠れば、前記表示装置はステレオディスプレイまたは円弧状の表示面をもつディスプレイである。請求項27の画像処理装置に拠れば、検出された視線に基づいて処理範囲を視線方向に限定することにより処理速度の向上を図る。請求項28の画像処理装置に拠れば、観察者の1次元の任意の移動に対してなめらかな再生が可能となる。請求項29の画像処理装置に拠れば、観察者の2次元の任意の移動に対してなめらかな再生が可能となる。請求項30の画像処理装置に拠れば、観察者の3次元の任意の移動に対してなめらかな再生が可能となる。請求項31の画像処理装置に拠れば、観察者の任意の移動に対してなめらかな再生画像を得ることが出来る。請求項32の画像処理装置に拠れば、解像度毎に階層化されたパラメトリック画像データを用いて、出力装置の解像度に適した画像再生を高速に行うことが出来る。請求項33の画像処理装置に拠れば、内挿処理により視点位置の移動に対処する。

【発明の実施の形態】次に、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

〈原理〉第1図は本発明の画像処理装置を適用した立体視システム構成を示す図である。第1図のシステムは本発明の全ての実施形態に共通である。図中、21は投影する被写体（この例では、円板の上に球体と三角錐が載

せられている）、22a~22fは折れ線状に並べられた多眼カメラ、100は本システムの中核をなす画像処理装置、70は画像処理装置100が出力する多視点画像を表示するための視点検出器80つき表示スクリーンである。尚、このシステムにおいては、表示スクリーン70に表示する画像を高速に切り替えたり、あるいは所謂バラックスバリア方式を採用しても良い。バラックスバリア方式を採用する場合には、メガネ形状の検出器80のレンズ部分には偏光フィルタなどを用いる。画像の切替方式を採用する場合には、視点位置検出器80は単にメガネの形状をしているだけで、センサを人間の頭部に固定するために機能する。画像処理装置100（他の実施形態の画像処理装置も）はEPIを用いる。EPIについて第2図、第3図を用いて説明する。EPIとは、他眼カメラ22によって各視点から撮影された画像から、各画像における同じ位置にあるラインを集め、それらを視点順に並べることによって構成された画像である。例えば、第2図のように、異なる視点位置の複数のカメラ（第2図の例では4つ）により、あるいは多眼カメラにより1つの被写体を撮像すると、画像1~4が得られる。これらの画像の夫々において、同じ水平ラインに注目する。多眼カメラ22は水平面上に並んでいるので、この水平ライン上にのった被写体上の同じ輝点（第2図において黒の矩形で表す）は、視点位置に応じて、個々の水平ライン上において水平方向にずれた位置をとる。第2図に示すように、カメラの視点の移動方向にX軸を取り、このX軸に垂直にカメラの光軸方向にZ軸をとり、カメラの画像空間にx軸をとると、第3図に示すように、横軸xが輝点の水平表示位置を示すように、縦軸Xが視点位置を示すように、x軸、X軸をとると、ある水平ライン上に載った1つの輝点の像（即ちEPI）は第3図の点の集合、即ち、ある傾きkと切片x₀を有する直線となる。

【数1】

$$x = k \cdot X + x_0$$

第3図において、切片x₀は、最も左のカメラ（視点位置X=0）によって得られた画像の表示値を示す。従って、この直線が表す輝点の位置は、カメラ22の光学系の焦点距離をf、カメラ22のイメージセンサの画素ピッチをpとして座標系XZで表すと、第5図に示すように、

【数2】

$$X_1 = -\frac{x_0}{k}$$

【数3】

$$Z_1 = -\frac{f}{p \cdot k}$$

が得られる。式1は、ある輝点の表示位置xは、離散的な視点X（X₁, X₂, ...）から得られるだけでなく、

視点Xの値が任意の値、即ち、観察者がカメラ視点以外の位置Xにいる場合にも、表示位置xを演算できることを意味する。この演算は内挿補間処理による。尚、カメラから遠い被写体の多視点画像をとった場合、その被写体上の一点である輝点位置は、視点位置の変化に対して、水平方向の変化が少ない。従って、このような被写体のEPIにおける直線の傾きは垂直に近くなる。即ち、観察者が後方に移動した場合に対応する多視点画像のEPIは急峻な傾きkを有するものであり、観察者が前方に移動した場合に対応する多視点画像のEPIは緩い傾きを有するものである。また、手前にある輝点の直線軌跡が、奥にある輝点の直線軌跡を多い隠すという、オクルージョン関係も存在する。従って、ある輝点の多視点画像は、その輝点の多視点画像におけるEPI上において、直線の傾きkと横軸xとの切片 x_0 とによって定義される。換言すれば、1つの輝点の複数の多視点画像データは、その輝点の画素値（濃度値もしくは色データ値）と共に、データkと x_0 とに圧縮されることになる。1つのEPIには、通常、複数の輝点が含まれる。従って、第3図の直線を抽出するためには、複数の画像データの中から、同じ輝点に由来するものだけを同定しなければならない。この同定の処理を、本実施形態では、輝点に対応する複数の点によって表される軌跡を検出するという意味で、「対応点軌跡の検出」と呼ぶ。また、検出された軌跡を表す直線のデータ、上述のkと x_0 とを「軌跡データ」と呼ぶ。尚、軌跡データには、後述するように、「奥行きデータ」も含まれる。第4図に画像処理装置100における処理の概略を示す。第4図中、カメラ22からの多視点画像に基づいて、対応点の軌跡が検出され、続いて軌跡データに圧縮される。即ち、被写体の全ての輝点についての軌跡データが得られる。これらの軌跡データはパラメトリックデータとしてファイルに記憶される。以上が、多視点画像を取得し、それをパラメトリックデータとしての記憶するまでの処理である。実際に立体視するときには、観察者の視点に応じて多視点画像データを補正しなければならないから、その補正処理、即ち内挿処理が第4図に示されている。即ち、立体視を行うときは、ファイルからパラメトリックデータが読み取られ、軌跡データに伸張される。その上で、検出器80によって検出された観察者の視点が入力されて、内挿処理が行われる。この内挿処理は、視点位置の変化に応じてリアルタイムで行われる必要があるために、本実施形態では「オンデマンド内挿表示」処理と呼ぶ。これから説明する実施形態に係る画像処理装置は、軌跡の検出に特徴ある処理を行うもの、或いは内挿処理に特徴ある処理を行うものが含まれる。

（第1実施形態）第6図は第1実施形態の画像処理装置100の構成、即ち、対応点軌跡検出部50とオンデマンド内挿表示部60の構成を示す図である。先ず、対応点軌跡検出部50について説明する。図中、画像メモリ

11は、多眼カメラ22によって撮影した複数の画像を記憶する。メモリ11の記憶データは、左右に直線上に並んだ多数の視点から得た被写体の多視点画像である。対応点軌跡判定部12はメモリ11中の多視点画像をスキャンし、直線状の軌跡を有する輝点像を探索する。この探索は係数制御部13から送られてくる係数によって制御される。メモリ14は、軌跡判定部12が検出した輝点nの軌跡の係数（ k_n と x_{0n} ）および同輝点nの濃淡値Dを記憶する。係数制御部13が生成する係数は、1組の傾きkと切片 x_0 の値である。前述したように、被写体の1つの輝点のEPIは、傾きkと切片の x_0 によって定義できるので、判定部における探索は、係数制御部13から送られてくる1組の傾きkと切片 x_0 によって定義される直線に載るような輝点の画像を探索することに等しい。軌跡判定部12における判定には2つの閾値が用いられる。この閾値を制御するのが閾値制御部15である。メモリ16は、軌跡判定部12が検出した対応点軌跡の画像中での位置と検出した条件とを保持する。データ出力部17はメモリ14に記憶された対応点軌跡係数を出力する。オンデマンド内挿表示部60は、データ入力部30と、対応点軌跡内挿部31と、画像表示部33と、視点位置入力部32とを有する。データ入力部110はパラメトリックデータをファイル40から入力する。対応点軌跡内挿部31は、観察者の実際の視点位置（視点位置入力部32が検出器80から入力した）にもとづいてデータ入力部30の対応点軌跡を内挿することにより、その視点から見える画像を生成する。こうして生成された立体画像は画像表示部33によりスクリーン70に表示される。次に、対応点軌跡内挿部31の動作をくわしく説明する。対応点軌跡内挿部31は視点検出器80から左右方向の視点位置 X_p を得る。もし、視点位置 X_p がカメラの位置に等しいならば、ファイル40のパラメトリックデータ（軌跡係数と濃淡値情報Dとからなる）の各水平ライン上のすべての輝点について、式1に基づいて、画像中の水平方向の表示位置を算出し、その表示位置に輝点の濃淡値Dを描画する。結果として、視点位置に対応した画像が1枚生成される。視点位置 X_p がカメラの位置に等しくない場合、即ち、観察者の視点が任意の位置にある場合について説明する。ここで、第7図に示すように、横方向視野角を f_{ov} とし、ある水平ライン中のある輝点（ X_i 、 Z_i ）の水平方向の表示位置をxとすると、

〔数4〕

$$x = \frac{X_i - X_p}{Z_i} \cdot \cot \frac{f_{ov}}{2}$$

で表される。なお、表示スクリーン70および画像表示部33に、レンチキュラ方式やメガネ方式などの両眼立体視が可能な立体表示スクリーン及び立体画像表示部を用い、かつ、視点位置入力部32が左右おのおの目の

位置に対応する視点パラメータを算出し、これに対応して対応点軌跡内挿部31が左右おのおのの目に提示するための画像を生成することにより、カメラ列状において視点移動可能な両眼立体表示装置となる。また、第1図のように、多眼カメラ22を被写体21の周りを囲む円周状に並べ、表示スクリーン70を円形上のディスプレイにすることで、全周方向からの映像を眺めることができる。

〈第1実施形態の第1変形例〉第1実施形態の立体視システムは、観察者の視点が、多眼カメラの撮影方向（方向が既知であれば、直線状あるいは曲線状であるを問わない）に平行に移動する場合において、立体視が維持できるものであった。次に、本発明を、前後左右に視点移動が可能であり、かつ、任意視線方向を眺めることのできる画像処理装置に適用した第1実施形態の第1変形例を示す。第1変形例では、第1実施形態の視点検出器80を観察者の目の位置及び視線方向を検出できる視線検出器に置き換える。また、これに伴い視点位置入力部32に関しても、観察者の目の位置及び視線方向に対応した視線情報を対応点軌跡内挿部31へ送るものに置き換える。さらに、対応点軌跡内挿部31の投影処理を以下に説明する処理に置き換える。第8図は第1変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部31の投影計算の算出原理を示す図である。第1変形例においては、観察者のZ方向への移動に追従して立体視を許すために、第8図に示すように、2つのカメラ列を設け、その2列のカメラ列の交点Bの座標を (X_0, Z_0) とする。図中、Pは観察者の視点の位置 (X_s, Z_s) を示し、観察者はZ軸に対して θ° 、そして直線PBからは α 度だけずれた視線方向を見つめているとする。ただし、ファイル40には、パラメトリックデータとして、カメラ列1により撮影された画像から得られる輝点データとカメラ列2より撮影された画像から得られる輝点データとが保持されているものとする。観察者が視点位置Pから視線方向 θ を眺めている場合には、第8図に示すように、表示面を左右2つの領域90、91に分け、画像の右側領域91にはカメラ列1により得られた輝点データにより輝点を投影し、画像の左側領域92はカメラ2により得られた輝点データにより輝点を投影する。これにより、観察者の視点位置、及び、視点方向に対応した1枚の画像が生成される。ここで、第1実施形態と同じように、ある水平ライン中のある輝点の水平方向の表示位置をx、視点位置を (X_0, Z_0) 、横方向視野角を f_{ov} 、とすると、表示位置xは以下の5式で算出する。

【数5】

$$x = \frac{X_1 - X_p}{Z_1 - Z_p} \cdot \cot \frac{f_{ov}}{2}$$

以上の動作により、カメラ列を円弧状に組み合わせることと、保持されている各画像を撮影した視点以外の場所

に観察者が移動しても、すなわち多眼カメラ22の視点以外の前後左右の場所に観察者が移動しても、さらに、観察者が任意視線方向に視線を移動した場合でも、対応した対象物の画像を表示スクリーン70を通して眺めることができる。第1変形例では、入力画像に上下方向の視差がないため、前後の視点移動に対して生成される画像には上下方向の歪みが生じる。被写体までの距離に応じて、画像の表示時に、上下方向に拡大縮小変換を行うことによりこの歪みを目立たなく補正することができる。

〈第1実施形態の第2変形例〉次に、第1実施形態の処理を高速に行う変形例を第2変形例として示す。第2変形例では、第1変形例の対応点軌跡内挿部31の投影処理を第9図に説明するものに置き換える。第9図において、生成像の左右2つの領域について、それぞれ画像生成に必要な輝点の領域を示している。第1変形例においては、輝点を投影する際に全ての輝点を描画するが、第2変形例においては、図に示すように、輝点の集合をいくつかのブロック領域に領域分割し、視野に含まれる領域内の点のみを描画し、視野からはみ出る領域内の点は描画しないようにする。この処理により、画像を生成する上で不必要な輝点の投影処理を省くことができるため、本実施形態では高速に対応輝点投影処理を行うことができ、よりスムーズな視線変化が可能になる。

〈第1実施形態の第3変形例〉次に、本発明を、前後上下方向に視点移動可能な画像処理装置に適用した第3変形例を示す。第3変形例では、第2変形例の対応点軌跡検出部18の検出処理、オンデマンド内挿表示部60の投影処理を以下に説明する処理に置き換える。まず、対応点軌跡検出部18の動作を説明する。第3変形例では、メモリ11の入力画像は、左右上下に平面状に並んだ視点から撮影された画像である。このため、ある輝点の像の軌跡は、入力多視点画像保持部11の多視点画像がなす4次元画像空間中の平面となる。したがって、対応点軌跡判定部12の対応点軌跡判定処理は、この入力4次元画像空間中の平面判定処理に等しい。左右方向及び観察者の見つめる方向を、第1実施形態と同じように、X軸、Z軸をとり、さらに、上下方向にY軸をとると、前記4次元空間は、XYZの三次元と、表示位置のx軸の4次元空間である。輝点位置を表す平面は以下の6式で表される。

【数6】

$$(X_1, Y_1) = (x_0 + k \cdot X_p, y_0 + k \cdot Y_p)$$

ここで、視点位置、軌跡上の輝点位置、軌跡の位置、傾きは、それぞれ

$$(X_0, Y_0), (X_1, Y_1), (x_0, y_0), k$$

である。第3変形例の軌跡係数制御部13の算出する軌跡係数は、平面の位置と傾きを示す (x_0, y_0, k) の3つの係数の組みとなる。対応点軌跡判定部12は軌跡

係数制御部13および判定しきい値制御部15に順次制御され、画像空間中で平面上の軌跡を判定し、検出した平面の係数を検出軌跡記憶部14に記憶する。データ出力部17によって出力されるパラメトリックデータは、検出された平面上軌跡の枚数分の、輝点の座標値である。ここで、焦点距離を f 、画像ピッチを p とすると、この平面に対応する輝点の座標 (X_1, Y_1, Z_1) は以下の7式で算出する。

【数7】

$$(X_1, Y_1, Z_1) = \left(-\frac{x_0}{k}, -\frac{y_0}{k}, -\frac{f}{p \cdot k} \right)$$

次に本実施形態のオンデマンド内挿表示部50の処理について説明する。対応点軌跡内挿部31は、視点位置 (X_p, Y_p, Z_p) 、横方向視野角をそれぞれ f_{ovx} 、 f_{ovy} とすると、パラメトリックデータの輝点の表示位置 (x, y) を以下の8式を用いて計算する。

【数8】

$$(x, y) = \left(\frac{X_1 - X_p}{Z_1 - Z_p} \cdot \cot \frac{f_{ovx}}{2}, \frac{Y_1 - Y_p}{Z_1 - Z_p} \cdot \cot \frac{f_{ovy}}{2} \right)$$

第3変形例では、入力画像が上下方向の視差を持つため、第1変形例、および第2変形例で生じたような上下方向の画像の歪みを生じない。

〈更なる変形例〉以上の実施形態及び変形例では、あらかじめ撮影された多視点画像が入力多視点画像保持部11に保持されている構成としたが、これを、多視点画像を実時間で取り込むことのできる多眼テレビカメラに置き換えることにより、実時間の任意視線画像撮影・表示システムとなる。さらに、パラメトリックデータ19を通信データとして遠隔端末間でやり取りする場合、実時間の任意視線画像通信システムとなる。なお、本発明は単体の画像処理装置に適用しても良いし、多視点テレビ、多視点テレビ電話端末や多視点テレビ会議システムのようなシステム機器に適用しても良いし、コンピュータや他の画像処理装置と組み合わせた復号装置にも適用できる。前記第1実施形態とその3つの変形例は本発明の基本的な実施形態である。これから説明する第2実施形態は主に、前記第1実施形態に対する圧縮処理の改良に関するものである。

〈第2実施形態〉第2実施形態の画像処理装置の構成を第10図に示す。第2実施形態のシステム構成は、第1実施形態のそれ(第4図)に対して、対応点の軌跡データを圧縮する軌跡データ圧縮部110と圧縮された軌跡データを伸張する軌跡データ伸張部120が付加されている点を除けば同じであって、例えば、EPIを用いる点も共通している。まず、軌跡データ圧縮部120の構成について説明する。軌跡データ圧縮部110は、軌跡検出部50とファイル40との間におかれ、検出部50内の検出軌跡メモリ24のデータを圧縮してファイル4

0に送る。第11図は、第2実施形態の軌跡検出部50の構成を示す。第12図は第2実施形態の画像処理装置の軌跡データ圧縮部110の構成を示す図である。図中、分解部111は、対応点軌跡検出部50のメモリ24から出力される直線データを、後述するXK平面上での輝点位置データ (k, x_0) と輝点の濃淡値データ (D_0) とに分解し、前者を輝点位置符号化部112に、後者を輝点濃淡値符号化部113に送る。輝点位置符号化部112は直線データ分解部111で得られた輝点位置データ (k, x_0) を符号化する。輝点濃淡値符号化部113は輝点濃淡値データ (D_0) を符号化する。符号化データ統合部114は輝点位置符号化部112と輝点濃淡値符号化部113で符号化されたデータを統合してファイル40に出力する。軌跡データ圧縮部110の動作を説明する。メモリ24に記憶されているデータは、直線の切片位置 x_0 と傾き k 、と色 D_0 の組みである。入力されたこれらのデータは、直線データ分解部41においてXK平面上での輝点位置データと輝点の濃淡値データに分解される。ここでいうXK平面とは、第13図に示すように、直線の位置 (X) と傾き (K) をそれぞれ直交する軸にとった平面のことである。1つの軌跡を表す直線データは、XK平面上では濃淡値 D_0 を持った点として表すことができる。もしEPIの個数が仮に480とすれば、XK平面には480個の点が存在する。直線データ分解部111は、直線を多をXK平面上で輝点位置データに分解する。輝点位置データに分解するとは、各EPI上で検出されたすべての直線データをXK平面上にマッピングし、このXK平面を所定の分解能で離散化(量子化)して、この平面上に点が存在するかどうかを1/0で表すということである。第13図の軌跡データを離散化した結果を第14図に示す。第2実施形態の量子化の根拠を説明する。第2実施形態の対応点軌跡検出部42(第11図)は、直線の傾きを検出する際に、傾きの最小ステップ S 幅を設定する。この最小ステップ幅の値からXK平面での輝点間の最小間隔を決定することができる。直線データ分解部111がこの決定した最小間隔で平面を離散化(量子化)することにより、量子化で失われる情報量を少なくすることが出来る。また、量子化された輝点の存在範囲は、検出された直線から予め分かるので、すべての輝点を包括する最小の矩形で平面をクリッピングすることができる。輝点の存在する領域だけを処理対象とすることで、輝点位置のデータ量を低減することができる。第15図はXK平面の離散化・グリッピング処理を示している。矩形領域は、第15図に示すように、最も左上の点Jと最も右下の点LRによって表される。このようにして得られた輝点位置データを輝点位置符号化部112は、例えば Huffman(MH)符号化などで符号化する。これと同時に、クリッピングした矩形を一意に特定できる2点(JとLR)の座標値も符号化する。ここでは符号化方式

としてMH符号化を用いたが、MR符号化、MMR符号化、算術符号化等で良い。また、直線データ分解部111は、輝点の軌跡を濃淡値データに分解する。濃淡値データに分解するとは、第15図のように示された輝点位置データをX方向を主走査方向としK方向を副走査方向として走査して、存在する点の順番に従い、対応する輝点の濃淡値を、第16図に示すように、羅列して表すということである。ここではMH符号化を適用したので、この方式の符号化順序に従っている。走査方向を符号化の方向と一致させたのは、符号化順序に従う方が輝点位置と後述する濃淡値の対応がとりやすいからである。輝点濃淡値符号化部113では、輝点の濃淡値データを、一例としてRGB各色8ビットのデータとして考える。尚、対応点軌跡検出部50で使用する色空間はRGBの8ビットに限定するものでもない。輝点濃淡値符号化部113は、色データを、一例としてDPCM(Differential Pulse Code Modulation)符号化法を適用して符号化する。但し、DPCM符号化をXK平面上で空間的に離れた位置にある任意の2点に適用するに際しては、これら2点の差分値をとらず、そのままのデータを符号化する。XK平面上で空間的に離れた位置にある任意の2点はまったく相関のないデータを表すので、相関のない2点のデータの差分を演算することは符号量の増加を招くので、差分値の符号化を行わないのである。符号化データ統合部114は、輝点位置符号化部112と輝点濃淡値符号化部113で生成された符号データを統合し、パラメトリックデータとしてファイル40に出力する。以上のように第2実施形態を構成することにより、対応点軌跡検出部50からの出力を第1実施形態のようにそのままの状態で保持するよりも、より少ない情報量でデータを保持することができ、機器に必要なメモリ量が少なくすむという利点がある。第17図は第2実施形態の画像処理装置の軌跡データ伸長部120の構成を示す図である。図中、符号化データ分解部121は、ファイル40から入力されたパラメトリックデータを、輝点位置の符号データと輝点濃淡値のデータとに分解して、2つの復号化部122、123に出力する。輝点位置復号化部122は符号化データ分解部121で得られた輝点位置の符号化データを復号する。輝点濃淡値復号化部123は符号化データ分解部121で得られた輝点濃淡値データDを復号する。統合部124は輝点位置復号化部122と輝点濃淡値復号化部123で復号されたデータを統合して直線データとして出力する。軌跡データ伸長部120では、軌跡データ圧縮部110での処理と全く逆の処理が行われる。まず、符号化データ分解部121ではパラメトリックデータを読み込み、輝点位置データと輝点濃淡値データとに分解する。輝点位置復号化部122では輝点位置符号データを、また輝点濃淡値復号化部123では輝点濃淡値データを復号し、直線データ統合部124においてこれらを直線データとして統合する。

第18図は第2実施形態の画像処理装置のオンデマンド内挿表示部80の構成を示す図である。第2実施形態のオンデマンド内挿表示部80の構成は第1実施形態のそれ(第6図)と同じである。表示スクリーン70を眺める利用者が頭的位置を変えて視点を移動させると、視点検出器80の信号が変化する。視点位置入力部32は、この変化を受けて、視点位置を対応点軌跡内挿部31へ送る。対応点軌跡内挿部31は視点位置を受けると、視点移動に対応した新たな画像の生成を行い、画像表示部33へ画像を送る。画像表示部33は表示スクリーン70へ画像を表示する。次に、対応点軌跡内挿部31の動作をくわしく説明する。対応点軌跡内挿部31は視点検出器80から左右方向の視点位置X₀を得る。一方、対応点軌跡内挿部31は、パラメトリックデータの各水平ラインのすべての対応点軌跡について、輝点の画像中の水平方向の表示位置xを算出し、その表示位置xに輝点の濃淡値Dを描画する。結果として、視点位置に対応した画像が1枚生成される。ここで、ある水平ライン中のある輝点の水平方向(X方向)の表示位置をx、対応点軌跡の直線位置をx₀、直線傾きをk、視点位置をX₀とすると、

【数9】

$$x = x_0 + k \cdot X_0$$

が得られる。なお、第2実施形態で、表示スクリーン70および画像表示部33に、レンチキュラ方式やメガネ方式などの両眼立体視が可能な立体表示スクリーン及び立体画像表示部を用い、かつ、視点位置入力部32が左右おのおの目の位置に対応する視点パラメータを算出するように変形することは、第1実施形態と同じように可能である。この変形に対応して対応点軌跡内挿部31が左右おのおの目の目に提示するための画像を生成することにより、前後左右に視点移動可能な両眼立体表示装置となる。

〈第2実施形態の第1変形例〉第2実施形態中の軌跡データ圧縮部110では、直線データを輝点位置データと輝点濃淡値データに分解してそれぞれを符号化したしたが、その輝点濃淡値をベクトル量子化を用いて符号化することも可能である。第19図は、この第1変形例で用いられるデータの構成を表す図である。軌跡データの傾きkは実際には整数値のみならず、多くは少数で表される値である。前述したように、第2実施形態の対応点軌跡検出部50は検出する直線の傾きのステップS幅を固定値(ΔS)としているため、検出された任意の直線の傾きkは、ΔSの整数倍(N)で表現可能である。ここでは、任意のkを、

$$【数10】 k = \Delta S * N$$

で表すことにする。第19図は、第2実施形態の検出部50によって生成される軌跡データを示す。また、検出された各輝点の色データを順に並べたテーブルを第20図に示す。第19図の軌跡位置データと第20図の色デ

ータとは、インデックスの値でリンクされている。また、第19図において、 x_0 は輝点のX方向の切片位置を示し、Nは式10に従ってkを量子化したときのNである。第19図のテーブルは、傾きkが整数値に量子化されたことによって情報圧縮がなされた。また、この色データに対してベクトル量子化を行うことにより、データ量を画像の種類によらず一定にしたい場合などに有効である。ベクトル量子化に用いるテーブルは、画像ごとに用意して、符号データと一緒に蓄積あるいは伝送してもよいし、一般的なテーブルを用意して全ての画像に適用してもよい。

〔第2実施形態の第2変形例〕次に、第2実施形態の画像処理装置を、前後左右に視点移動可能な立体視システムに適用した例を第2変形例として示す。この第2変形例のシステム構成は、第10図、第11図の通りである。そこで、第2変形例では、第2実施形態の対応点軌跡内挿部31の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。第21図は第2変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部31の内挿計算の算出原理を示す図である。図中、ある輝点200 (X_1, Z_1) が ($+X, +Z$) だけずれた点201へXZ空間で移動する場合を考える。カメラ22の光学系の焦点距離をfとすると、Z軸の距離fのところに撮像面が存在し、その撮像面においては画素ピッチはpであるとする。輝点200 (X_1, Z_1) は撮像面においては x_0 位置にある。輝点200 (X_1, Z_1) が ($+X, +Z$) だけXZ空間で移動すると、画像の表示位置は202 x_0 から203 x に移動する。 x_0 位置が、視点位置(0, 0)の仮想的なカメラの撮像面に投影されているとする。投影される位置は、直線の切片位置 x_0 に相当する。このとき、視点位置が移動した場合の、輝点の像の移動を考える。視点202がある方向へ移動することは、逆方向へ輝点200が移動することと等価である。この原理を利用して、輝点200が移動量($+X, +Z$)だけ移動した場合の移動後の像203(x)を式11に従って求める。

〔数11〕

$$x = \frac{x_0 + k \cdot X_1}{1 - k \cdot a \cdot Z_1}$$

但し、式11中のk, aは、

〔数12〕

$$k = \frac{f}{p \cdot Z_1}$$

〔数13〕

$$a = \frac{f}{p}$$

で表すことが出来る。尚、式11は、第21図において、

〔数14〕

$$\frac{X_1}{Z_1} = \frac{p \cdot x_0}{f}$$

〔数15〕

$$\frac{X_1}{Z_1} = \frac{p \cdot x_0}{f}$$

を解くことにより導かれる。式11を用いることにより、視点移動($-X, -Z$)に対応した、移動後の像 x 203を求めることができる。次に第2変形例の対応点軌跡内挿部31の動作を説明する。視点検出器80は左右前後の視点位置($-X, -Z$)を対応点軌跡内挿部31へ送る。対応点軌跡内挿部31は、パラメトリックデータの各水平ラインのすべての対応点軌跡について11式を計算することにより、前後左右の視点移動に対応した画像を生成する。第2変形例では、入力画像に上下方向の視差がないため、前後の視点移動に対して生成される画像には上下方向の歪みが生じる。被写体までの距離に応じて、画像の表示時に、上下方向に拡大縮小変換を行うことによりこの歪みを目立たなく補正することができる。

〔第2実施形態の第3変形例〕次に、第2実施形態の処理を高速に行うという観点からの提案を第3変形例として示す。この第3変形例では、第2実施形態の対応点軌跡内挿部31の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。第22図は第3実施形態の第3変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部31の高速計算処理を示すフローチャートである。はじめに、本実施形態の対応点軌跡内挿部31の内挿処理の原理を説明する。前述の第2変形例の11式は以下の16式に変形できる。

〔数16〕

$$x = \frac{\frac{x_0}{k} + X_1}{1 - a \cdot Z_1}$$

ここで、 x' , k' , Z' を式17、式18、式19のように定義すると、式16は、式20のように変形される。

〔数17〕

$$x' = \frac{x_0}{k}$$

〔数18〕

$$k' = \frac{1}{k}$$

〔数19〕

$$Z' = a \cdot Z$$

〔数20〕

$$x = \frac{x' + X}{k' + Z'}$$

50 ここで、 x' および k' は視点位置に依存しないため、あ

らかじめ計算しておくことができる。また、 Z' は対応点軌跡に依存しないため、視点位置の変化に対して1回だけ計算すればよい。次に、第2実施形態の第3変形例の対応点軌跡内挿部31の内挿処理の動作を説明する。対応点軌跡内挿部31はまず第2図のステップS111およびステップS112において、すべての対応点の軌跡係数(k と x_0)について、それぞれ x' および k' を式17、式18を用いて求める。次にステップS113で、視点位置(X_0 , Z_0)を視点位置入力部32から取得し、ステップS114において、視点位置が変化すると共に1回だけ、式19を用いて Z' を計算する。そして、各水平ラインの全ての対応点軌跡係数について、ステップS115で式20を用いて輝点の表示位置を算出し、ステップS116で輝点の濃淡値を描画する。以上の処理により、本実施形態では高速に対応点軌跡内挿処理を行うことができ、よりスムーズな視点移動が可能になるという実施形態特有の効果がある。

〈第2実施形態の第4変形例〉次に、本発明を、前後上下左右に視点移動可能な画像処理装置に適用した例を、第2実施形態の第4変形例として示す。この第4変形例は前後左右上下に視点移動可能であるという観点から、第1実施形態の第3変形例に相当する。本第4変形例では、第1変形例の対応点軌跡検出部50の検出処理、オンデマンド内挿表示部60の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。まず、変形された対応点軌跡検出部50の動作を説明する。第2変形例では、入力画像は、左右上下に平面上に並んだ視点から撮影された画像であった。このため、ある輝点の像の軌跡は、メモリ41(第11図を参照)の多視点画像がなす4次元画像空間中の平面となる。したがって、対応点軌跡判定部42の対応点軌跡判定処理は、この入力4次元画像空間中の平面判定処理に等しい。左右方向及び観察者の見つめる方向を、第1実施形態と同じように、 X 軸、 Z 軸にとり、さらに、上下方向に Y 軸をとると、前記4次元空間は、 XYZ の三次元と、表示位置の x 軸の4次元空間である。輝点位置を表す平面は以下の21式で表される。

$$[数21] \quad (X_1, Y_1) = (x_0 + k \cdot X_p, y_0 + k \cdot Y_p)$$

ここで、視点位置、軌跡上の輝点位置、軌跡の位置、傾きは、それぞれ

(X_0, Y_0) 、 (X_1, Y_1) 、 (x_0, y_0) 、 k である。第4変形例の軌跡係数制御部33(第11図)の算出する軌跡係数は、平面の位置と傾きを示す (x_0, y_0, k) の3つの係数の組みとなる。対応点軌跡判定部32は軌跡係数制御部33および判定しきい値制御部35に順次制御され、画像空間中で平面上の軌跡を判定し、検出した平面の係数を検出軌跡記憶部34に記憶する。圧縮部110によって出力されるパラメトリックデータは、検出された平面上軌跡の枚数分の、輝点

の座標値である。次に第4変形例のオンデマンド内挿表示部60の処理について説明する。第4変形例のオンデマンド内挿表示部60の構成は第1実施形態のそれ(第6図)に同じである。対応点軌跡内挿部31のステップS111は、上記の17式に加えて、以下の22式を計算する。

[数22]

$$y' = \frac{y_0}{k}$$

また、ステップS115では、以下の23式を用いて、輝点の表示位置(x , y)を計算する。

[数23]

$$(x, y) = \left(\frac{x' + X_1}{k' + Z_1}, y' + Y_1 \right)$$

ステップS116では、表示位置に合わせて輝点の濃淡値を描画する。第4変形例では、入力画像が上下方向の視差を持つため、第2変形例、および第3変形例で生じたような上下方向の画像の歪みが生じない、という実施形態特有の効果がある。

〈第2実施形態の他の変形〉第2実施形態、第1変形例では、各 XX 平面ごとに輝点データ(直線データ)を符号化しているが、隣り合った XX 平面間の相関を使って符号化することが可能である。この場合は、既に処理済み XX 平面の輝点位置データを参照テンプレートとし、今処理している XX 平面の輝点位置データを算術符号化あるいはこれと類似の符号化、例えば、2値画像の符号化標準方式であるQMコードなどを用いると、符号化効率が高い。輝点濃淡値データに関しても、隣接する XX 平面間では相関が非常に強いので、隣接する XX 平面間で濃淡値データの差分をとり、符号化すると符号化効率が向上する。パラメトリックデータを通信データとして遠隔端末間でやり取りする場合、実時間の任意視点画像通信システムとなる。なお、本発明は単体の画像処理装置に適用しても良いし、多視点テレビ、多視点テレビ電話端末や多視点テレビ会議システムのようなシステム機器に適用しても良いし、コンピュータや他の画像処理装置と組み合わせた複合装置にも適用できる。次に説明する第3実施形態は、表示装置の差異による表示速度の差が大きくなる工夫を行ったものである。

〈第3実施形態〉第23図は第3実施形態の画像処理装置100の構成を示す図である。第3実施形態の画像処理装置100も、第1実施形態、第2実施形態と同様に、軌跡検出部50と内挿表示部80とを有する。軌跡検出部50の構成は、軌跡データ階層化部217を除いて、第1実施形態、第2実施形態と異なるところがない。軌跡データ階層化部217はメモリ214に記憶された対応点軌跡係数を多段階のデータ構造にする。その結果、データ出力部219は、軌跡データ階層化部17で階層的なデータ構造にされた軌跡係数を出力する。

次に、第3実施形態の動作の概略を説明する。対応点軌跡検出部50は、カメラ22から多視点画像を受け取り、パラメトリックデータを出力する。オンデマンド内挿表示部60はパラメトリックデータをファイル40から受け取り、利用者の視点位置の変化に応じて表示スクリーン70に画像を表示する。パラメトリックデータは、任意視点表示に必要な十分な情報を含んでおり、そのデータ量は、考えられる視点移動に対応した画像を全て保持する場合に比べて、極めて小さい。さらに、表示装置の性能差に対応すべく、ファイル装置40においては、複数の解像度のデータを保持する。このような構成をとることにより、機器に必要なメモリ量が少なくてすみ、表示装置の性能に依存しないという利点がある。

対応点軌跡検出部50の動作を説明する。メモリ211は多視点画像を保持する。軌跡係数制御部213は、被写空間中の仮想的な輝点を順次想定し、その輝点が多視点画像中で成す軌跡の係数を算出する。対応点軌跡判定部212は軌跡係数制御部13の軌跡係数が示す軌跡がメモリ211の画像中に存在するかどうか判定する。この時、判定閾値制御部15は対応点軌跡判定部212の判定条件を順次制御する。対応点軌跡判定部212は検出した対応点軌跡の係数をメモリ214に記憶する。また、同時に、検出した対応点軌跡の、画像中での位置や条件を検出マーク配列保持部216に記憶し、後の軌跡判定時に利用する。対応点軌跡判定部212の処理が終了すると、軌跡データ階層化部217は、メモリ214に記憶された対応点軌跡係数をもとに、解像度を下げた場合に相当する対応点軌跡係数を算出し、メモリ214に追記録する。データ出力部219はメモリ214の値をパラメトリックデータとしてファイル40に出力する。

次にオンデマンド内挿表示部60の動作を説明する。データ入力部311はパラメトリックデータをファイル40から入力して対応点軌跡内挿部312へ送る。この時、入力されたデータを全てではなく、表示装置316に予め設定されているランクに応じたデータ解像度の軌跡係数だけを伝送する。表示スクリーン70を眺める利用者が頭の位置を変えて視点を移動させると、視点検出器80の信号が変化する。視点位置入力部315は、この変化を受けて、視点位置を対応点軌跡内挿部312へ送る。対応点軌跡内挿部312は視点位置を受けると、視点移動に対応した新たな画像の生成を行い、画像表示部316へ画像を送る。画像表示部316は表示スクリーン70へ画像を表示する。次に、対応点軌跡判定部312の動作を詳しく説明する。対応点軌跡判定部312はまず、メモリ211の入力画像から、ある水平ラインに注目し、そのラインのエピポーラ・プレーン画像(EPI)を作成する。第3実施形態がEPIに基づいて軌跡データを生成することは、第1実施形態、第2実施形態と同じである。軌跡係数制御部213は、軌跡直線の位置 X_0 と傾き k の2つの係数の組みである軌跡係数

を、考えられるもの全てを順次想定し、算出する。対応点軌跡判定部212は、先ず算出された直線に対応するEPI上で、未処理の画素が存在するかどうか探索する。未処理の画素が見つかった場合、その画素の濃淡値と、直線上の他の画素間の濃淡値の例えば差分値及び判定閾値制御部215によって制御された閾値以下となるかどうか判定する。閾値以下の場合、この直線上のすべての画素に対して、検出マーク配列保持部16に検出済として検出された直線の傾き(奥行き情報)を記録する。そして、軌跡係数(直線の位置と傾き)及び対応点の濃淡値情報(例えば対応点の濃淡値の平均値)をメモリ214に記憶する。データ出力部219によって出力されるパラメトリックデータは、各水平ラインごとの、検出された直線状軌跡の本数分の、直線の位置と傾きと濃淡値情報の組みである。次に、検出された軌跡を記憶するメモリ214について第24図を用いて詳しく説明する。第24図はメモリ214に記憶される1つの情報単位を示す。1つの単位は、対応点軌跡判定部212が検出した直線の切片位置 x_0 、傾き k 、色 D を記憶する。第25図は、メモリ214の空間を示す。メモリ214の空間の任意の位置は、横軸と縦軸によって指定される。一例として横軸を直線の切片位置 x_0 とし、縦軸を直線の傾き k とする。メモリ214の任意番地 (x_{0n}, k_n) には、その深さ方向に、直線 (x_{0n}, k_n) が表す輝点の色の濃度値及び存在の有無情報が記憶される。即ち、メモリ214の1ワードは、色濃度がRGBの各々について各8ビットならば、25ビット $(=8\text{ビット} \times 3 + 1\text{ビット})$ の長さを有する。第25図に示すように、メモリ214には、画像のサイズや被写体までの距離などに応じて、同じ被写体の複数通りの軌跡データが記憶されている。第25図の例では、画像のサイズや被写体までの距離などに応じて、一例として4通りの領域が設けられている。即ち、画像のサイズや被写体までの距離が変わると、解像度が変化する。そこで、所定距離にある被写体の画像について所定のサイズを設定し、そのときの解像度を「タイプ1倍」と呼び、その半分の解像度を「タイプ1/2倍」、さらに半分の解像度を「タイプ1/4倍」、さらに半分の解像度を「タイプ1/8倍」と呼ぶものとする。すると、ある任意の輝点の直線 (x_{0n}, k_n) が「タイプ1倍」であるならば、その「タイプ1/2倍」の軌跡データは $(x_{0n}/2, k_n/2)$ 、「タイプ1/4倍」の軌跡データは $(x_{0n}/4, k_n/4)$ 、「タイプ1/8倍」の軌跡データは $(x_{0n}/8, k_n/8)$ となる。メモリ214に記録されている軌跡係数データの解像度毎に階層化する方法を説明する。対応点軌跡判定部212により検出された対応点軌跡は、先ず、メモリ214の解像度タイプ1の領域231に記憶される。この解像度タイプ1のデータを最大解像度のデータとする。この解像度「タイプ1」のデータを $1/m$ の解像度にさげるには、領域231を、 $m \times m$ のマスキング

切り、各区画において、その区画内の全画素の濃度値の平均値を計算し、それを解像度のタイプ1/mの領域に記録する。この解像度を下げる処理を1/m=1/2、1/4、1/8で行い、第25図のような階層的なデータ構造にする。ここで、対応点軌跡判定部212が行う解像度変換は通常の解像度変換ではなく、値を持つ画素だけ、即ち、有無を示すフラグが「有り」である画素だけを用いることに注意する。以上により、メモリ214は多段階解像度のデータ構成になり、解像度を下げたデータでは当然データ量も少なく、表示装置もしくは観察者の位置に応じた解像度データだけをファイル40に記憶することが許され、記憶量が少なくて済む。また、データ量を少なくすることにより、内挿表示部60における表示時の負担を軽減できる。次に、出力部219からファイル40に出力されるデータ構造について説明する。データ出力部219によって出力されるパラメトリックデータは、第26図に示すように、各水平ラインごとの、検出された直線状軌跡の本数分の、直線の位置xと傾きkの組みをバックにして、それを解像度毎に組み合わせた構造になっている。尚、カメラ22の画像空間がx方向にt個の画素を有するのであれば、1水平ライン毎にt個の軌跡データを有する。次に、データ入力部311の動作をくわしく説明する。入力されるパラメトリックデータは対応点軌跡係数の多段階解像度分のデータを含んでいる。そこで、データ入力部311は、対応点軌跡内挿部312の性能に併せて予め設定してある表示装置タイプに従って、適切な解像度のデータだけを対応点軌跡内挿部312に伝送する。この時、表示装置の解像度に合わせて、y方向の解像度を1/mに調整することが必要な場合には、ファイル40からの元データのうち、0、m、2m、3m、4m、…ラインのデータだけを用いる。このようにして、解像度を1/m倍した時のデータ量は、y方向について1/m倍、一つのラインyについても多少のデータ量削減（必ずしも1/mにならない）が可能であり、表示時に計算する輝点の数も減る。したがって、計算スピードの劣る表示装置においても解像度を下げることで高速表示を実現できる。次に、対応点軌跡内挿部312の動作を詳しく説明する。対応点軌跡内挿部312は視点検出器80から左右方向の視点位置を得る。そして、パラメトリックデータの各水平ラインの全ての対応点軌跡について、輝点の画像中の水平方向の表示位置を算出し、その表示位置に輝点の濃淡値を描画する。結果として、視点位置に対応した画像が1枚生成される。ここで、ある水平ライン中のある輝点の水平方向の表示位置、対応点軌跡の直線の切片位置、直線傾き、視点位置をそれぞれ、 X_1 、 x_0 、 k 、 X 、

とすると、表示位置は以下の24式で算出する。

【数24】

$$x = k \cdot X + x_0$$

ただし、輝点の大きさは解像度により変化する。解像度が最大の時には、輝点のサイズは1×1で、解像度が1/2、1/4となるに従って2×2、4×4と輝点のサイズは大きくなる。なお、表示スクリーン70および画像表示部に、レンチキュラ方式やメガネ方式などの両眼立体視が可能な立体表示スクリーン及び立体画像表示部を用い、かつ、視点位置入力部315が左右おのおの目の位置に対応する視点パラメータを算出し、これに対応して対応点軌跡内挿部312が左右おのおの目に提示するための画像を生成することにより、前後左右に視点移動可能な両眼立体表示装置となる。

（第3実施形態の第1変形例）次に、第3実施形態の画像処理装置を、前後左右に視点移動可能な画像処理装置に適用した例を第1変形例として示す。この第1変形例では、第3実施形態の対応点軌跡内挿部312の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。第27図は第1変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部312の内挿計算の算出原理を示す図である。図中、ある輝点451 (X_1 , Z_1) が ($+X$, $+Z$) だけずれた点452へXZ空間で移動する場合を考える。カメラ22の光学系の焦点距離をfとすると、Z軸の距離fのところには撮像面が存在し、その撮像面においては画素ピッチはpであるとする。輝点451 (X_1 , Z_1) は撮像面においてはx位置にある。輝点451 (X_1 , Z_1) が ($+X$, $+Z$) だけXZ空間で移動すると、画像の表示位置は455のxから456のxに移動する。x位置が、視点位置(0, 0)の仮想的なカメラの撮像面に投影されているとする。投影される位置は、直線の切片位置 x_0 に相当する。このとき、視点位置が移動した場合の、輝点の像の移動を考える。視点455がある方向へ移動することは、逆方向へ輝点451が移動することと等価である。この原理を利用して、輝点451が移動量($+X$, $+Z$)だけ移動した場合の移動後の像455 (x)を式25に従って求める。

【数25】

$$x = \frac{x_0 + k \cdot X_1}{1 - k \cdot a \cdot Z_1}$$

但し、式25中のk、aは、

【数26】

$$k = \frac{f}{p \cdot Z_1}$$

【数27】

$$a = \frac{f}{p}$$

で表すことが出来る。尚、式25は、第27図において、

【数28】

$$\frac{X_1}{Z_1} = \frac{p \cdot x_0}{f}$$

【数29】

$$\frac{X_1}{Z_1} = \frac{p \cdot x_0}{f}$$

を解くことにより導かれる。式25を用いることにより、視点移動 $(-X, -Z)$ に対応した、移動後の像 x_{456} を求めることができる。第1変形例では、入力画像に上下方向の視差がないため、前後の視点移動に対して生成される画像には上下方向の歪みが生じる。被写体までの距離に応じて、画像の表示時に、上下方向に拡大縮小変換を行うことによりこの歪みを目立たなく補正することができる。次に第1変形例の対応点軌跡内挿部312の動作を説明する。視点検出器80は左右前後の視点位置 $(-x, -z)$ を対応点軌跡内挿部312へ送る。対応点軌跡内挿部312は、パラメトリックデータの各水平ラインのすべての対応点軌跡について25式を計算することにより、前後左右の視点移動に対応した画像を生成する。第1変形例では、入力画像に上下方向の視差がないため、前後の視点移動に対して生成される画像には上下方向の歪みが生じる。被写体までの距離に応じて、画像の表示時に、上下方向に拡大縮小変換を行うことによりこの歪みを目立たなく補正することができる。

〈第3実施形態の第2変形例〉次に、第3実施形態の処理を高速に行う例を第2変形例として示す。第2変形例では、第3実施形態の対応点軌跡内挿部312の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。第28図は第2変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部312の高速計算処理を示すフローチャートである。はじめに、第2変形例の対応点軌跡内挿部112による内挿処理の原理を説明する。前述の25式は以下の30式に変形できる。

【数30】

$$x = \frac{\frac{x_0}{k} + X_1}{\frac{1}{k} - a \cdot Z_1}$$

ここで、 x' 、 k' 、 Z' を式31、式32、式33のように定義すると、式30は、式34のように変形される。

【数31】

$$x' = \frac{x_0}{k}$$

【数32】

$$k' = \frac{1}{k}$$

【数33】

$$Z' = a \cdot Z$$

【数34】

$$x = \frac{x' + X}{k' + Z}$$

ここで、 x' および k' は視点位置に依存しないため、あらかじめ計算しておくことができる。また、 Z' は対応点軌跡に依存しないため、視点位置の変化に対して1回だけ計算すればよい。次に、第3実施形態の第2変形例の対応点軌跡内挿部331の内挿処理の動作を説明する。対応点軌跡内挿部331はまず第28図のステップS61およびステップS62において、すべての対応点の軌跡係数 $(k \text{ と } x_0)$ について、それぞれ x' および k' を式31、式32を用いて求める。次にステップS63で、視点位置 (X_0, Z_0) を視点位置入力部315から取得し、ステップS64において、視点位置が変化することに1回だけ、式33を用いて Z' を計算する。そして、各水平ラインの全ての対応点軌跡係数について、ステップS65で式34を用いて輝点の表示位置を算出し、ステップS66で輝点の濃淡値を描画する。以上の処理により、本実施形態では高速に対応点軌跡内挿処理を行うことができ、よりスムーズな視点移動が可能になるという実施形態特有の効果がある。

〈第3実施形態の第3変形例〉次に、第3実施形態を、前後上下左右に視点移動可能な画像処理装置に適用した例を第3変形例として示す。本第3変形例では、第2変形例の対応点軌跡検出部50の検出処理、オンデマンド内挿表示部60の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。まず、対応点軌跡検出部50の動作を説明する。本実施形態では、メモリ211の入力画像は、左右上下に平面上に並んだ視点から撮影された画像である。このため、ある輝点の像の軌跡は、メモリ211の多視点画像がなす4次元画像空間中の平面となる。したがって、対応点軌跡判定部212の対応点軌跡判定処理は、この入力4次元画像空間中の平面判定処理に等しい。この平面は、以下の35式で表される。

【数35】

$$(X_1, Y_1) = (x_0 + k \cdot X_0, y_0 + k \cdot Y_0)$$

ここで、視点位置、軌跡上の輝点位置、軌跡の位置、傾きは、それぞれ

(X_0, Y_0) 、 (X_1, Y_1) 、 (x_0, y_0) 、 k である。第3変形例の軌跡係数制御部213、(第23図)の算出する軌跡係数は、平面の位置と傾きを示す (x_0, y_0, k) の3つの係数の組みとなる。対応点軌跡判定部212は軌跡係数制御部213および判定しきい値制御部215に順次制御され、画像空間中で平面上の軌跡を判定し、検出した平面の係数を検出軌跡記憶部214に記憶する。データ出力部219によって出力されるパラメトリックデータは、検出された平面上軌跡の枚数分の、輝点の座標値である。次に第3変形例のオン

デマンド内挿表示部60の処理について説明する。第3変形例のオンデマンド内挿表示部60の構成は第3実施形態のそれ(第23図)に同じである。対応点軌跡内挿部312のステップS61は、上記の31式に加えて、以下の36式を計算する。

【数36】

$$y' = \frac{y_0}{k}$$

また、ステップS65では、以下の37式を用いて、輝点の表示位置(x, y)を計算する。

【数37】

$$(x, y) = \left(\frac{x' + X_1}{k' + Z_1}, y' + Y_1 \right)$$

ステップS66では、表示位置に合わせて輝点の濃淡値を描画する。第3変形例では、入力画像が上下方向の視差を持つため、第1変形例、および第2変形例で生じたような上下方向の画像の歪みが生じない、という実施形態特有の効果がある。

(第3実施形態の他の変形例) 以上の第3実施形態及びその変形例では、あらかじめ撮影された多視点画像がメモリ211に保持されている構成としたが、これを、多視点画像を実時間で取り込むことのできる多眼テレビカメラに置き換えることにより、実時間の任意視点画像撮影・表示システムとなる。さらに、パラメトリックデータを通信データとして遠隔端末間でやり取りする場合、実時間の任意視点画像通信システムとなる。なお、本発明は単体の画像処理装置に適用しても良いし、多視点テレビ、多視点テレビ電話端末や多視点テレビ会議システムのようなシステム機器に適用しても良いし、コンピュータや他の画像処理装置と組み合わせた複合装置にも適用できる。尚、本発明は、複数の機器から構成されるシステムに適用しても、1つの機器から成る装置に適用しても良い。また、本発明はシステム或は装置にプログラムを供給することによって達成される場合にも適用できることはいうまでもない。

【発明の効果】以上説明したように本発明は、観察者の目の位置等を検出し、観察者から見える画像を複数枚の画像から再構成することにより、観察者の視点移動、及びまたは、視線方向の変化に対応した画像をスムーズに出力することを可能にする。装置に必要な記憶容量も、考えられる視点移動に対応した画像をすべて保持する場合に比べて、極めて少なくてすむ。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の立体視システムの構成を示す図である。

【図2】第1実施形態～第3実施形態に用いられるエビボーラプレーン画像の生成過程を説明する図。

【図3】第1実施形態～第3実施形態に用いられるエビボーラプレーン画像において、輝点对応点の軌跡が直線

で近似され、その直線が傾き及び切片の値によって表されることを示す図。

【図4】第1実施形態～第3実施形態の画像処理システムの概略的構成を示す図。

【図5】第1実施形態において、輝点位置とエビボーラプレーン画像の直線との関係を説明する図。

【図6】第1実施形態の画像処理装置の構成を示す図。

【図7】第1実施形態において、視点において観察者が視野角を有して観察する場合の輝点と視野角の関係を示す図。

【図8】第1実施形態の第1変形例におけるカメラ配列を説明する図。

【図9】第1実施形態の第2変形例における画像処理の手法を説明する図。

【図10】第2実施形態の構成を示すブロック図。

【図11】第2実施形態の軌跡検出部50の構成を示すブロック図。

【図12】第2実施形態の軌跡データ圧縮部の構成を示すブロック図。

【図13】第2実施形態における圧縮原理を説明する図。

【図14】第2実施形態における圧縮原理を説明する図。

【図15】第2実施形態における圧縮原理を説明する図。

【図16】第2実施形態における圧縮原理を説明する図。

【図17】第2実施形態における伸張部の構成を説明する図。

【図18】第2実施形態のオンデマンド内挿表示部60の構成を説明する図。

【図19】第2実施形態の第1変形例における圧縮原理を説明する図。

【図20】第2実施形態の第1変形例における圧縮原理を説明する図。

【図21】第2実施形態の第2変形例における視点の移動に伴う輝点の移動を説明する図。

【図22】第2実施形態の第3変形例の制御手順を示すフローチャート。

【図23】本発明の第3実施形態の画像処理の構成を示すブロック図。

【図24】第3実施形態における画像データの階層化原理を説明する図。

【図25】第3実施形態における画像データの階層化原理を説明する図。

【図26】第3実施形態における画像データの階層化原理を説明する図。

【図27】第3実施形態の第1変形例における視点の移動に伴う輝点の移動を説明する図。

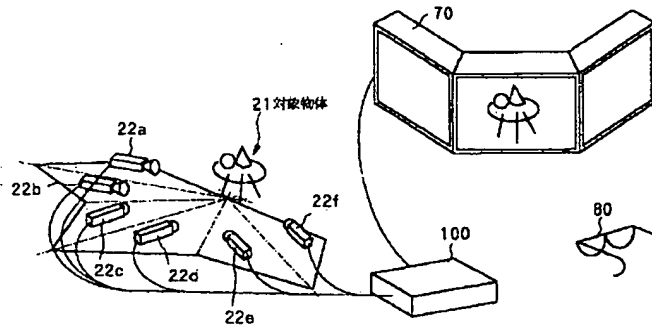
【図28】第3実施形態の第2変形例の制御手順を示す

フローチャート。

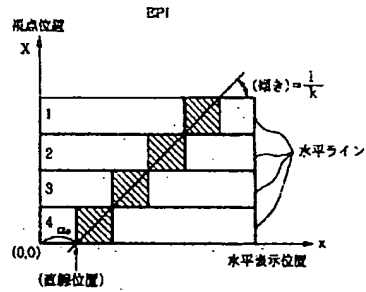
* 図。

【図29】従来のエピソードラブレイン画像を説明する *

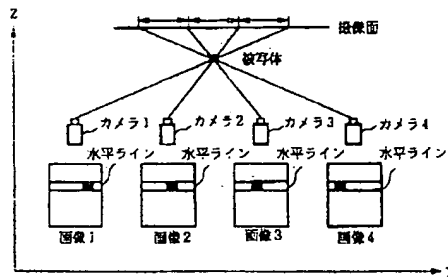
【図1】



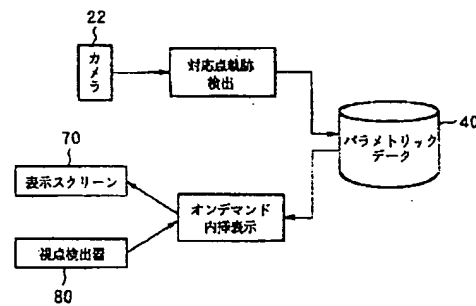
【図3】



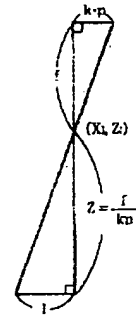
【図2】



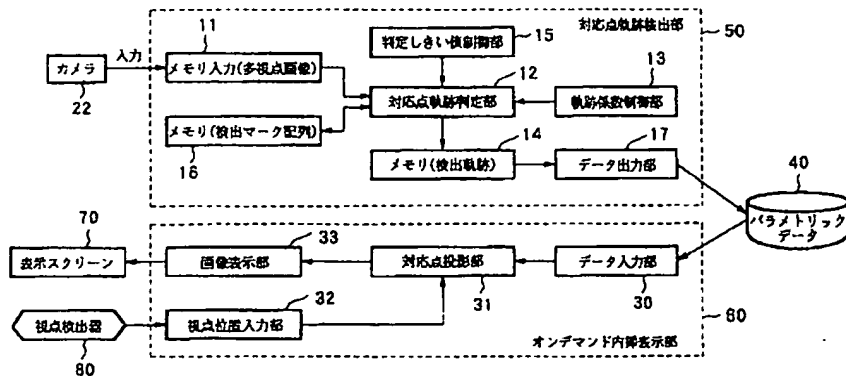
【図4】



【図5】



【図6】

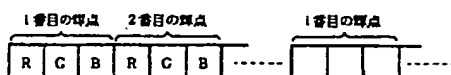


【図19】

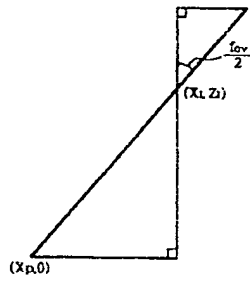
| X_0 | N | インデックス |
|-------|-----|--------|
| 5 | 30 | 10 |
| 6 | 29 | 10 |
| 9 | 29 | 7 |
| ... | ... | ... |

符号データ

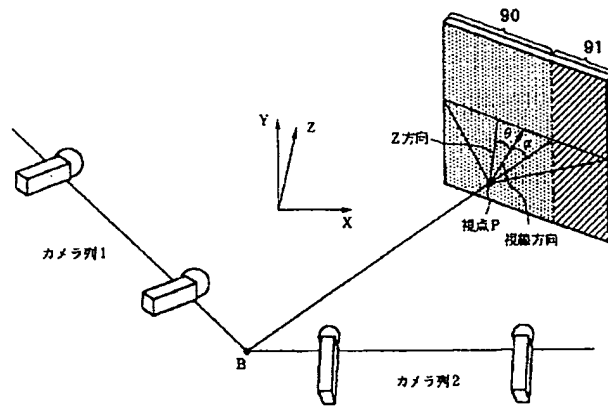
【図16】



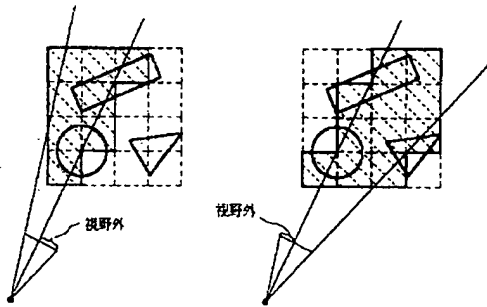
【図7】



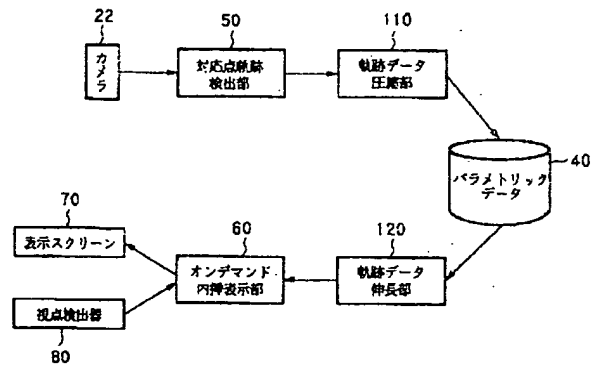
【図8】



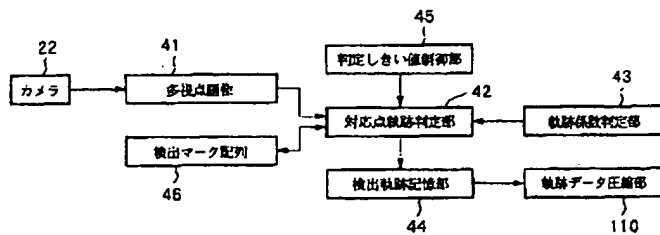
【図9】



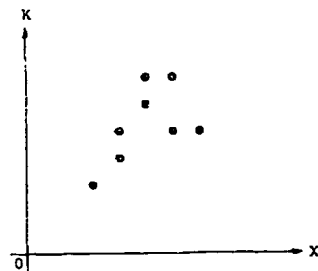
【図10】



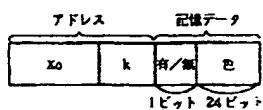
【図11】



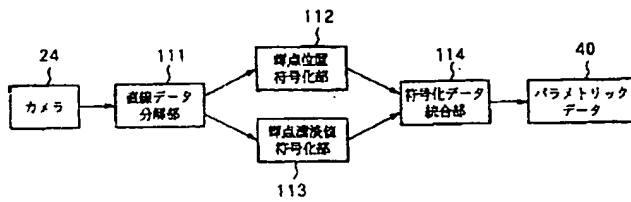
【図13】



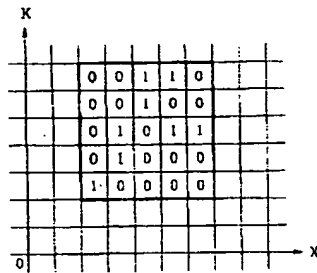
【図24】



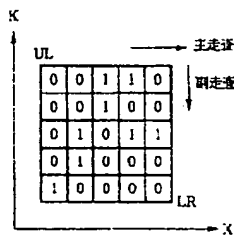
【図12】



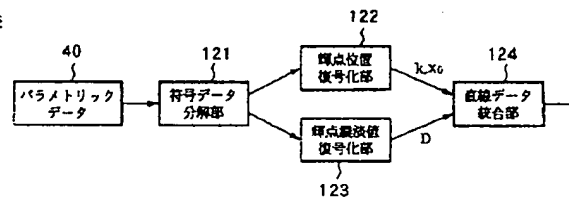
【図14】



【図15】



【図17】

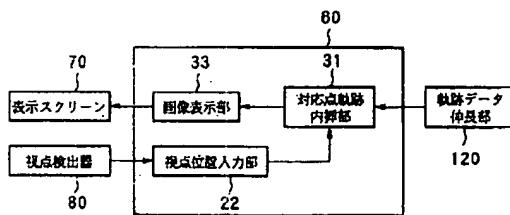


【図20】

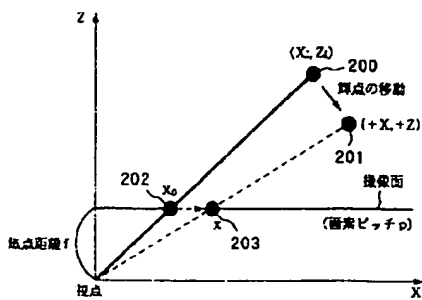
| インデックス | R | G | B |
|--------|-----|-----|-----|
| 1 | 60 | 60 | 80 |
| 2 | 170 | 30 | 24 |
| ... | ... | ... | ... |
| 7 | 70 | 80 | 200 |
| 8 | 70 | 150 | 230 |
| 9 | 180 | 20 | 150 |
| 10 | 200 | 20 | 30 |
| ... | ... | ... | ... |

テーブル

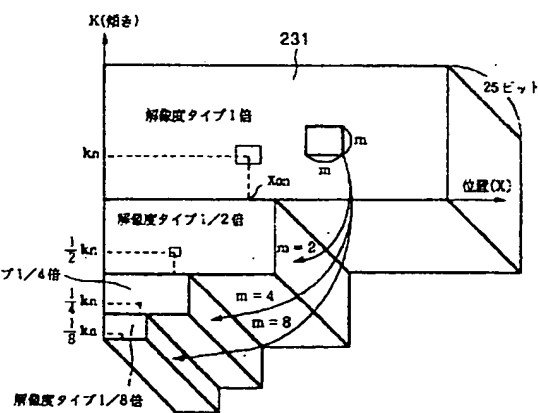
【図18】



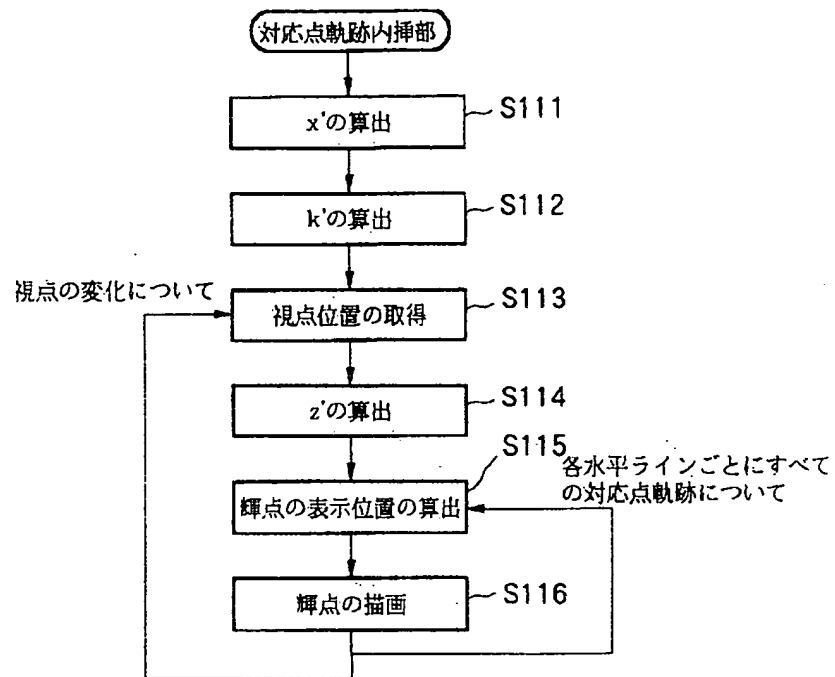
【図21】



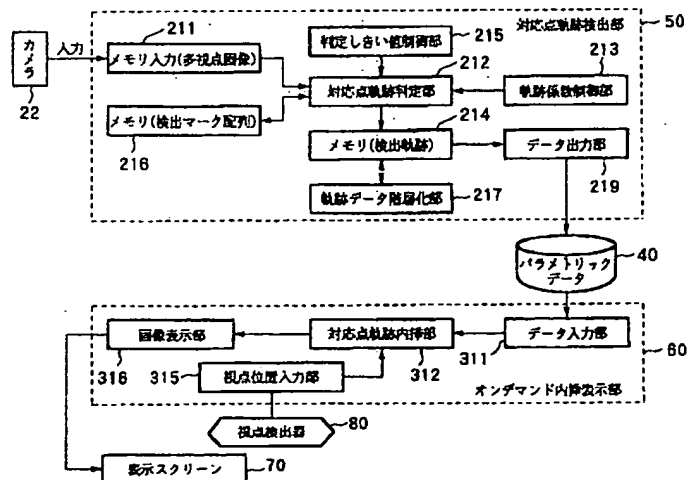
【図25】



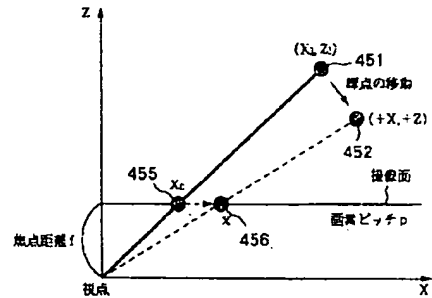
〔図22〕



〔図23〕



【圖27】

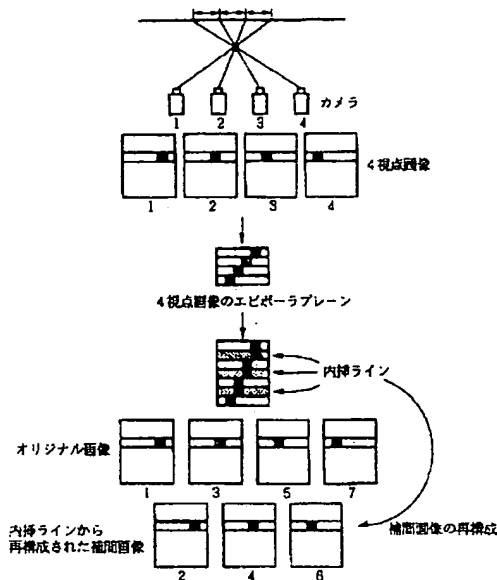


```

graph TD
    Start([対応点軌跡内挿部]) --> S61[S61  
x'の算出]
    S61 --> S62[S62  
k'の算出]
    S62 --> S63[S63  
視点位置の取得]
    S63 --> S64[S64  
z'の算出]
    S64 --> S65[S65  
輝点の表示位置の算出]
    S65 --> S66[S66  
輝点の描画]
    S66 --> S65
    S66 --> S63
    Note1[視点の変化について] --> S63
    Note2[各水平ラインごとにすべての  
対応点軌跡について] --> S65

```

【図29】



【手続補正書】

【提出日】平成8年5月9日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】画像処理装置及び画像処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段とを有する画像処理装置。

【請求項2】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データと対応する輝点の画素値とを記憶する記憶手段とを有する画像処理装置。

【請求項3】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化する手段と、階層化されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段とを有する画像処理装置。

【請求項4】 前記パラメトリック画像データは、個々の輝点について同定された対応点の軌跡を近似表現する直線の傾き及び切片であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項5】 前記入力手段は、予め多数の方向から撮影された画像を格納したデータベースから前記多視点画像を入力することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項6】 前記入力手段は、1台以上のカメラから前記多視点画像を入力するものであることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項7】 前記同定手段は、前記複数の多視点画像から夫々のエッジ・プレーン画像を抽出し、抽出したエッジ・プレーン画像上で対応点を同定することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項8】 前記同定手段は、前記多視点画像データ中で平面状軌跡を検出することを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項9】 前記生成手段は、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化することを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項10】 前記生成手段は、検出された傾きを量子化することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項11】 前記生成手段は、同定された輝点の画素値を差分符号化することを特徴とする請求項1乃至10のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項12】 前記階層化手段は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成することを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。

【請求項13】 さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮手段を具備することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項14】 前記圧縮手段は、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施すことを特徴とする請求項14に記載の画像処理装置。

【請求項15】 前記圧縮手段は、基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を施すことを特徴とする請求項13または14に記載の画像処理装置。

【請求項16】 前記階層化手段は、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化することを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。

【請求項17】 エピポーラブレインイメージ化された多視点画像から生成されたパラメトリック画像データを読出可能に記憶する記憶手段と、
観察者の目の位置を検出する検出手段と、
前記検出手段で検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成する画像生成手段と、
生成された画像を出力する画像出力手段を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項18】 エピポーラブレインイメージ化された多視点画像から所定の圧縮方法により圧縮されて生成されたパラメトリック画像データを読出可能に記憶する記憶手段と、
観察者の目の位置を検出する検出手段と、
前記検出手段で検出された観察者の視点位置に関連するパラメトリック画像データを全記憶手段から読み出して伸張する伸張手段と、

前記検出手段で検出された観察者の視点位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出した前記パラメトリック画像データから生成する画像生成手段と、
生成された再生画像を出力する画像出力手段を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項19】 前記パラメトリック画像データは、前もって、
それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像から、前記被写体のそれぞれの輝点の、前記複数の多視点画像に互る軌跡を表すものとして得たパラメトリック画像データであることを特徴とする請求項17または18に記載の画像処理装置。

【請求項20】 前記検出手段はさらに観察者の視線を検出し、前記画像生成手段は、前記再生画像を、前記検出手段が検出した視点位置と視線とに基づいて、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする請求項17乃至19のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項21】 前記画像出力手段は表示装置であることを特徴とする請求項17乃至20のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項22】 前記画像生成手段は、パラメトリック画像データ中の直線状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点を画像面上に投影することを特徴とする請求項19に記載の画像処理装置。

【請求項23】 前記画像生成手段は、パラメトリック画像データ中の平面状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点を画像面上に投影することを特徴とする請求項19に記載の画像処理装置。

【請求項24】 前記画像生成手段が生成した画像のゆがみを補正する歪み補正手段をさらに備えたことを特徴とする請求項17乃至23のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項25】 前記表示装置はステレオディスプレイであることを特徴とする請求項21に記載の画像処理装置。

【請求項26】 前記表示装置は円弧状の表示面をもつディスプレイであることを特徴とする請求項21または25に記載の画像処理装置。

【請求項27】 前記画像生成手段は、検出された視線に基づいて処理範囲を視線方向に限定することを特徴とする請求項20に記載の画像処理装置。

【請求項28】 前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な方向で検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された方向の位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする請求項17乃至27のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項29】 前記検出手段は、観察者の目の位置

を、前記多視点画像の撮像方向に平行な第1の方向と、この第1の方向に垂直な方向であって水平面内に含まれる第2の方向とで検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された前記第1の方向と第2の方向における位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする請求項17乃至28のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項30】 前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な第1の方向と、この第1の方向に垂直な方向であって水平面内に含まれる第2の方向と、前記第1と第2の方向に垂直な第3の方向とで検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された前記第1の方向と第2の方向と第3の方向とにおける位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする請求項17乃至29のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項31】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データに基づいて生成する画像生成手段とを具備する画像処理装置。

【請求項32】 前記画像出力装置の解像度を検出する手段をさらに有し、前記生成手段は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成し、前記記憶手段は解像度毎に生成されたパラメトリック画像データを記憶し、前記画像生成手段は、検出された解像度に応じて、前記記憶手段から読み出すパラメトリック画像データデータを制御することを特徴とする請求項24に記載の画像処理装置。

【請求項33】 前記画像生成手段は検出された視点位置に基づいて、前期パラメトリック画像データに対して内挿処理を行うことを特徴とする請求項17乃至32のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項34】 それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力工程と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定工程と、

個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成工程と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶工程と、

観察者の目の位置を検出する検出工程と、

検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成し、その再生画像を出力する出力工程とを備えたことを特徴とする画像処理方法。

【請求項35】 前記記憶工程において、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データと、当該輝点の画素データとを併せて記憶し、

前記画像生成工程において、検出された視点に対応するパラメトリック画像データに対して、内挿補間処理を行うことを特徴とすることを特徴とする請求項34に記載の画像処理方法。

【請求項36】 さらに、生成されたパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化する階層化工程を有することを特徴とする請求項34乃至35のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項37】 前記パラメトリック画像データは、個々の輝点について同定された対応点の軌跡を近似表現する直線の傾き及び切片であることを特徴とする請求項34乃至36のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項38】 前記入力工程では、予め多数の方向から撮影された画像を格納したデータベースから前記多視点画像を入力することを特徴とする請求項34乃至37のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項39】 前記入力工程は、1台以上のカメラから前記多視点画像を入力することを特徴とする請求項34乃至38のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項40】 前記同定工程は、前記複数の多視点画像から夫々のエッジボーラ・プレーン画像を抽出し、抽出したエッジボーラ・プレーン画像上で対応点を同定することを特徴とする請求項34乃至39のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項41】 前記同定工程は、前記多視点画像データ中で平面状軌跡を検出することを特徴とする請求項34乃至40のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項42】 前記生成工程は、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化することを特徴とする請求項34乃至41のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項43】 前記生成工程は、検出された傾きを量子化することを特徴とする請求項35に記載の画像処理方法。

【請求項44】 前記生成工程は、同定された輝点の画素値を差分符号化することを特徴とする請求項34乃至43のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項45】 前記階層化工程は、輝点について同定

された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成することを特徴とする請求項36に記載の画像処理方法。

【請求項46】 さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮工程を具備することを特徴とする請求項35に記載の画像処理方法。

【請求項47】 前記圧縮工程は、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施すことを特徴とする請求項46に記載の画像処理方法。

【請求項48】 前記圧縮工程は、基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を施すことを特徴とする請求項46または47に記載の画像処理方法。

【請求項49】 前記階層化工程は、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化することを特徴とする請求項36に記載の画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、観察者の現在の目の位置等に応じた再生画像を出力するために必要なパラメトリック画像データを生成記憶する画像処理装置及び画像処理方法、並びに、記憶されたパラメトリック画像データから観察者の現在の目の位置等に応じた再生画像を出力する画像処理装置及び画像処理方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、前もって得た複数の視点からの画像に基づいて立体表示を行う装置として、ステレオディスプレイやレンチキュラーディスプレイなどがある。ステレオディスプレイは、2台のカメラから得られる左目用画像と右目用画像とを交互に高速に切り替えて表示する。観察者は、この切り替えに同期するシャッターメガネや偏光メガネを用いることにより、映像を立体的に観察することができる。

【0003】また、レンチキュラーディスプレイは、例えば4台のカメラからの画像をそれぞれ画素単位に並べ替え、この並べ替えた画像を前面にレンチキュラーシートを張り付けた表示装置において表示する。観察者は、レンチキュラーシート上に映じた4視点の映像の2つを立体映像として見ることになる。また、4視点を映じるレンチキュラーシートを用いれば、観察者は2つの異なる位置において立体視が可能になる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の立体画像表示では、画像を撮影した時におけるカメラの撮影方向と同じ方向（同じ視線）の立体像しか観察することができなかった。すなわち、例えば2台の

カメラを固定して物体を撮影して2つの画像を得ても、観察者が視点（目の位置）を移動しても見える画像は同じである。たとえ観察者の側が視点を移動しても、その移動が反映されないで臨場感に欠けるという問題点がある。

【0005】尚、レンチキュラーディスプレイは、観察者の視点の左右方向の移動に対応して立体視を維持することができるが、それは複数のカメラのどこかから見た画像をとびとびに見るというものであって、連続的な視点移動には対応できないうえに、前後方向への視点を移動させることはできない。立体視を前後方向への視点移動についても維持することに関して、コンピュータ・グラフィックスで予め作成された画像を用いて立体視する場合には可能であるが、これはコンピュータ・グラフィックスという画像としては単純なものを、画像内の点の対応する3次元空間内での座標値が全て明らかにしておくという特殊な状況を満足させて初めて可能になるものである。

【0006】一方、複数の視点位置から撮影した画像をもとに、撮影した位置とは異なった位置から撮影した画像を生成する手段としてエビボラ・ブレン・イメージ（以下EPIと略す）を用いる方法がある。この方法は、第29図に示すように、予め複数の視点（第29図の例では4視点）からの画像を取り込んでおき、各画像中の同じ水平位置にあるラインを抽出して1つの画像に合成し、このEPI上で直線検出を行うことにより注目点に対応する点（対応点）を求め、撮影した位置とは異なる位置から撮影した場合に得られるであろう画像を内挿補間により生成するというものである。

【0007】しかしながら、上記のEPIを用いた従来例では観察者の動きに応じて滑らかに変化する映像を得ることは困難であった。また、上記従来例では視線方向は常に一定であり、対象物の横や後方に回り込んで眺めることはできなかった。本発明は、上記問題点に鑑みてなされたもので、観察者の目の位置が任意に移動しても、移動した視点に応じた再生画像を与えることができるようなパラメトリック画像データを生成して記憶することの出来る画像処理方法及び画像処理装置を提供することにある。

【0008】本発明の他の目的は、観察者の目の位置が任意に移動しても、移動した視点に応じた再生画像を与えることができるようなパラメトリック画像データを生成して出力することの出来る画像処理方法及び画像処理装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するために、本発明の請求項1に係る画像処理装置は、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互

って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶する記憶手段とを有することを特徴とする。

【0010】同課題を達成するための、他の構成を有するところの、請求項2に係る本発明の画像処理装置は、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データと対応する輝点の画素値とを記憶する記憶する記憶手段とを有する。

【0011】同課題を達成するための、他の構成を有するところの、請求項3に係る本発明の画像処理装置は、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化する手段と、階層化されたパラメトリック画像データを記憶する記憶する記憶手段とを有する。

【0012】本発明の好適な一態様である請求項4に拠れば、前記パラメトリック画像データは、個々の輝点について同定された対応点の軌跡を近似表現する直線の傾き及び切片である。本発明の好適な一態様である請求項5に拠れば、前記入力手段は、予め多数の方向から撮影された画像を格納したデータベースから前記多視点画像を入力することを特徴とする。

【0013】本発明の好適な一態様である請求項6に拠れば、前記入力手段は、1台以上のカメラから前記多視点画像を入力するものであることを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項7に拠れば、前記同定手段は、前記複数の多視点画像から夫々のエビポーラ・ブレン画像を抽出し、抽出したエビポーラ・ブレン画像上で対応点を同定することを特徴とする。

【0014】本発明の好適な一態様である請求項8に拠れば、前記同定手段は、前記多視点画像データ中で平面状軌跡を検出することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項9に拠れば、前記生成手段は、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項10に拠れば、前記生成手段は、検出された傾きを量子化することを特徴とする。

【0015】本発明の好適な一態様である請求項11に拠れば、前記生成手段は、同定された輝点の画素値を差

分符号化することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項6に拠れば、前記階層化手段は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成することを特徴とする。

【0016】本発明の好適な一態様である請求項13に拠れば、さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮手段を具備することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項14に拠れば、前記圧縮手段は、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施すことを特徴とする。

【0017】本発明の好適な一態様である請求項15に拠れば、前記圧縮手段は、基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を施すことを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項16に拠れば、前記階層化手段は、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化することを特徴とする。

【0018】上記課題を達成するための本発明の請求項17に係る画像処理装置は、エビポーラブレンイメージ化された多視点画像から生成されたパラメトリック画像データを読み出可能に記憶する記憶手段と、観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成する画像生成手段と、生成された画像を出力する画像出力手段を備えたことを特徴とする。

【0019】上記課題を達成するための本発明の請求項18に係る画像処理装置は、エビポーラブレンイメージ化された多視点画像から所定の圧縮方法により圧縮されて生成されたパラメトリック画像データを読み出可能に記憶する記憶手段と、観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に関連するパラメトリック画像データを全記憶手段から読み出して伸張する伸張手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出した前記パラメトリック画像データから生成する画像生成手段と、生成された再生画像を出力する画像出力手段を備えたことを特徴とする。

【0020】本発明の好適な一態様である請求項19の画像処理装置に拠れば、前記パラメトリック画像データは、前もって、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像から、前記被写体のそれぞれの輝点の、前記複数の多視点画像に互る軌跡を表すものとして得たパラメトリック画像データデータである。

【0021】本発明の好適な一態様である請求項20の画像処理装置に拠れば、前記検出手段はさらに観察者の視線を検出し、前記画像生成手段は、前記再生画像を、

前記検出手段が検出した視点位置と視線とに基づいて、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項21の画像処理装置に拠れば、前記画像出力手段は表示装置であることを特徴とする。

【0022】本発明の好適な一態様である請求項22の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段は、パラメトリック画像データ中の直線状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点を画像面上に投影することを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項23の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段は、パラメトリック画像データ中の平面状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点を画像面上に投影することを特徴とする。

【0023】本発明の好適な一態様である請求項24の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段が生成した画像のゆがみを補正する歪み補正手段をさらに備えたことを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項25の画像処理装置に拠れば、前記表示装置はステレオディスプレイであることを特徴とする。

【0024】本発明の好適な一態様である請求項26の画像処理装置に拠れば、前記表示装置は円弧状の表示面をもつディスプレイであることを特徴とする。本発明の好適な一態様である請求項27の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段は、検出された視線に基づいて処理範囲を視線方向に限定することを特徴とする。

【0025】本発明の好適な一態様である請求項28の画像処理装置に拠れば、前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な方向で検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された方向の位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする。

【0026】本発明の好適な一態様である請求項29の画像処理装置に拠れば、前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な第1の方向と、この第1の方向に垂直な方向であって水平面内に含まれる第2の方向とで検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された前記第1の方向と第2の方向における位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成することを特徴とする。

【0027】本発明の好適な一態様である請求項30の画像処理装置に拠れば、前記検出手段は、観察者の目の位置を、前記多視点画像の撮像方向に平行な第1の方向と、この第1の方向に垂直な方向であって水平面内に含まれる第2の方向と、前記第1と第2の方向に垂直な第3の方向とで検出し、前記画像生成手段は、前記観察者の目の検出された前記第1の方向と第2の方向と第3の方向とにおける位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成

することを特徴とする。

【0028】上記課題を達成するための請求項31に係る画像処理装置は、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力手段と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定手段と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成手段と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶手段観察者の目の位置を検出する検出手段と、前記検出手段で検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データに基づいて生成する画像生成手段とを具備する。

【0029】本発明の好適な一態様である請求項32の画像処理装置に拠れば、前記画像出力装置の解像度を検出する手段をさらに有し、前記生成手段は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成し、前記記憶手段は解像度毎に生成されたパラメトリック画像データを記憶する生成されたパラメトリック画像データを記憶し、前記画像生成手段は、検出された解像度に応じて、前記記憶手段から読み出すパラメトリック画像データを制御することを特徴とする。

【0030】本発明の好適な一態様である請求項33の画像処理装置に拠れば、前記画像生成手段は検出された視点位置に基づいて、前期パラメトリック画像データに対して内挿処理を行うことを特徴とする。上記課題を達成するための本発明の画像処理方法は、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像を入力する入力工程と、被写体のそれぞれの輝点について、前記輝点の対応点を前記複数の多視点画像に互って同定する同定工程と、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを生成する生成工程と、生成されたパラメトリック画像データを記憶する記憶工程と、観察者の目の位置を検出する検出工程と、検出された観察者の視点位置に基づいて、該位置を視点とする再生画像を、前記記憶手段から読み出したパラメトリック画像データから生成し、その再生画像を出力する出力工程とを備えたことを特徴とする。

【0031】本発明の好適な一態様である請求項35の画像処理方法に拠れば、前記記憶工程において、個々の輝点毎に、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データと、当該輝点の画素データとを併せて記憶し、前記画像生成工程において、検出された視点に対応するパラメトリック画像データに対して、内挿補間処理を行う。

【0032】本発明の好適な一態様である請求項36の画像処理方法に拠れば、さらに、生成されたパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化する階層化工程

を有する。本発明の好適な一態様である請求項37の画像処理方法に拠れば、前記パラメトリック画像データは、個々の輝点について同定された対応点の軌跡を近似表現する直線の傾き及び切片である。

【0033】本発明の好適な一態様である請求項38の画像処理方法に拠れば、前記入力工程では、予め多数の方向から撮影された画像を格納したデータベースから前記多視点画像を入力する。本発明の好適な一態様である請求項39の画像処理方法に拠れば、前記入力工程は、1台以上のカメラから前記多視点画像を入力する。

【0034】本発明の好適な一態様である請求項40の画像処理方法に拠れば、前記同定工程は、前記複数の多視点画像から夫々のエピポーラ・プレーン画像を抽出し、抽出したエピポーラ・プレーン画像上で対応点を同定する。本発明の好適な一態様である請求項41の画像処理方法に拠れば、前記同定工程は、前記多視点画像データ中で平面状軌跡を検出する。

【0035】本発明の好適な一態様である請求項42の画像処理方法に拠れば、前記生成工程は、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化する。本発明の好適な一態様である請求項43の画像処理方法に拠れば、前記生成工程は、検出された傾きを量子化する。本発明の好適な一態様である請求項44の画像処理方法に拠れば、前記生成工程は、同定された輝点の画素値を差分符号化する。

【0036】本発明の好適な一態様である請求項45の画像処理方法に拠れば、前記階層化工程は、輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを、異なる解像度毎に別個に生成する。本発明の好適な一態様である請求項46の画像処理方法に拠れば、さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮工程を具備する。

【0037】本発明の好適な一態様である請求項47の画像処理方法に拠れば、前記圧縮工程は、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施す。本発明の好適な一態様である請求項48の画像処理方法に拠れば、前記圧縮工程は、基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を施す。

【0038】本発明の好適な一態様である請求項49の画像処理方法に拠れば、前記階層化工程は、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化する。

【0039】

【作用】請求項1による画像処理装置によれば、記憶手段に、多視点画像の輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを記憶せしめるので、この記憶手段のパラメトリック画像データを用いた画像再生が可能となる。請求項2による画像処理装置によれば、

記憶手段に、多視点画像の輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データと、同輝点の画素値とを記憶せしめるので、この記憶手段のパラメトリック画像データを用いた画像再生が可能となる。

【0040】請求項3による画像処理装置によれば、記憶手段に、多視点画像の輝点について同定された対応点を表すパラメトリック画像データを解像度に応じて階層化して記憶せしめるので、この記憶手段のパラメトリック画像データを用いることにより、再生側の出力手段の解像度に応じた画像再生が可能となる。請求項4による画像処理装置によれば、多視点画像は所定の直線方向に沿って撮影するので、直線によってパラメータ化するので好適である。

【0041】請求項5、6の画像処理装置によれば、多視点画像は、データベース、または1台以上のカメラから得られたものである。請求項7の画像処理装置に拠れば、エピポーラプレーン画像は直線抽出に好適である。請求項8の画像処理装置に拠れば、観察者が上下方向に移動したときにも追従が可能なパラメトリック画像データを生成することが出来る。

【0042】請求項9の画像処理装置に拠れば、対応点を表すパラメトリック画像データを量子化することによりデータ量を圧縮する。請求項10の画像処理装置に拠れば、量子化対象は検出された傾きである。請求項11の画像処理装置に拠れば、同定された輝点の画素値が差分符号化される。

【0043】請求項12の画像処理装置に拠れば、パラメトリック画像データを異なる解像度毎に別個に生成するので、再生手段である出力装置の解像度に応じたパラメトリック画像データを生成することが出来、高速化に寄与する。請求項13の画像処理装置に拠れば、さらに、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値を圧縮する圧縮手段を具備することを特徴とする。

【0044】請求項14の画像処理装置に拠れば、各輝点についてのパラメトリック画像データ及び画素値に対してそれぞれ異なる圧縮を施す。パラメトリック画像データと画素値とは物理的性質が異なるために、その性質にあった圧縮が好ましい。請求項15の画像処理装置に拠れば、基準撮像面の各ラスタを一方の軸とし、もう一方の直交する軸を対応点の軌跡が形成する直線の傾きとした場合に構成される複数の平面の相関を用いて圧縮を行うので、圧縮効率が上がる。

【0045】請求項16の画像処理装置に拠れば、パラメトリック画像データを記録する空間の解像度を多段階に順に下げて階層化するので、記録効率が上昇する。請求項17の画像処理装置に拠れば、観察者の任意の移動に対しても、その移動にあった再生画像が出力される。請求項18の画像処理装置に拠れば、記憶容量の低減と、観察者の任意の移動を確保することの両立が図れる。

【0046】請求項19の画像処理装置に拠れば、前記パラメトリック画像データは、前もって、それぞれ異なる位置から同じ被写体を撮像して得た複数の多視点画像から、前記被写体のそれぞれの輝点の、前記複数の多視点画像に互る軌跡を表すものとして得たパラメトリック画像データである。

【0047】請求項20の画像処理装置に拠れば、観察者は、その位置のみならず、視線方向も移動させることが許される。請求項21の画像処理装置に拠れば、前記画像出力手段は表示装置である。請求項22の画像処理装置に拠れば、パラメトリック画像データ中の直線状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点が画像面上に投影される。

【0048】請求項23の画像処理装置に拠れば、パラメトリック画像データ中の平面状軌跡データに対応する3次元空間内の輝点が画像面上に投影される。請求項24の画像処理装置に拠れば、例えば、画像再生に際して、奥行き方向もしくは上下方向の視点移動を考慮することにより、再生画像のゆがみを補正する。

【0049】請求項25、26の画像処理装置に拠れば、前記表示装置はステレオディスプレイまたは円弧状の表示面をもつディスプレイである。請求項27の画像処理装置に拠れば、検出された視線に基づいて処理範囲を視線方向に限定することにより処理速度の向上を図る。請求項28の画像処理装置に拠れば、観察者の1次元の任意の移動に対してなめらかな再生が可能となる。

【0050】請求項29の画像処理装置に拠れば、観察者の2次元の任意の移動に対してなめらかな再生が可能となる。請求項30の画像処理装置に拠れば、観察者の3次元の任意の移動に対してなめらかな再生が可能となる。請求項31の画像処理装置に拠れば、観察者の任意の移動に対してなめらかな再生画像を得ることが出来る。

【0051】請求項32の画像処理装置に拠れば、解像度毎に階層化されたパラメトリック画像データを用いて、出力装置の解像度に適した画像再生を高速に行うことが出来る。請求項33の画像処理装置に拠れば、内挿処理により視点位置の移動に対処する。

【0052】

【発明の実施の形態】次に、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

〈原理〉第1図は本発明の画像処理装置を適用した立体視システム構成を示す図である。第1図のシステムは本発明の全ての実施形態に共通である。

【0053】図中、21は投影する被写体（この例では、円板の上に球体と三角錐が載せられている）、22a～22fは折れ線状に並べられた多眼カメラ、100は本システムの中核をなす画像処理装置、70は画像処理装置100が出力する多視点画像を表示するための視点検出器80つき表示スクリーンである。尚、このシス

テムにおいては、表示スクリーン70に表示する画像を高速に切り替えたり、あるいは所謂バラックスバリア方式を採用しても良い。バラックスバリア方式を採用する場合には、メガネ形状の検出器80のレンズ部分には偏光フィルタなどを用いる。画像の切換方式を採用する場合には、視点位置検出器80は単にメガネの形状をしているだけで、センサを人間の頭部に固定するために機能する。

【0054】画像処理装置100（他の実施形態の画像処理装置も）はEPIを用いる。EPIについて第2図、第3図を用いて説明する。EPIとは、他眼カメラ22によって各視点から撮影された画像から、各画像における同じ位置にあるラインを集め、それらを視点順に並べることによって構成された画像である。例えば、第2図のように、異なる視点位置の複数のカメラ（第2図の例では4つ）により、あるいは多眼カメラにより1つの被写体を撮像すると、画像1～4が得られる。これらの画像の夫々において、同じ水平ラインに注目する。多眼カメラ22は水平面上に並んでいるので、この水平ライン上にのった被写体上の同じ輝点（第2図において黒の矩形で表す）は、視点位置に応じて、個々の水平ライン上において水平方向にずれた位置をとる。

【0055】第2図に示すように、カメラの視点の移動方向にX軸を取り、このX軸に垂直にカメラの光軸方向にZ軸を取り、カメラの画像空間にx軸をとると、第3図に示すように、横軸xが輝点の水平表示位置を示すように、縦軸Xが視点位置を示すように、x軸、X軸をとると、ある水平ライン上に載った1つの輝点の像（即ちEPI）は第3図の点の集合、即ち、ある傾きkと切片 x_0 を有する直線となる。

【0056】

【数1】

$$x = k \cdot X + x_0$$

【0057】第3図において、切片 x_0 は、最も左のカメラ（視点位置 $X=0$ ）によって得られた画像の表示値を示す。従って、この直線が表す輝点の位置は、カメラ22の光学系の焦点距離をf、カメラ22のイメージセンサの画素ピッチをpとして座標系XZで表すと、第5図に示すように、

【0058】

【数2】

$$X_1 = -\frac{x_0}{k}$$

【0059】

【数3】

$$Z_1 = -\frac{f}{p \cdot k}$$

【0060】が得られる。式1は、ある輝点の表示位置 x は、離散的な視点 $X(X_1, X_2, \dots)$ から得られるだけでなく、視点 X の値が任意の値、即ち、観察者がカメラ視点以外の位置 X にいる場合にも、表示位置 x を演算できることを意味する。この演算は内挿補間処理による。

【0061】尚、カメラから遠い被写体の多視点画像をとった場合、その被写体上の一点である輝点位置は、視点位置の変化に対して、水平方向の変化が少ない。従って、このような被写体のEPIにおける直線の傾きは垂直に近くなる。即ち、観察者が後方に移動した場合に対応する多視点画像のEPIは急峻な傾き k を有するものであり、観察者が前方に移動した場合に対応する多視点画像のEPIは緩い傾きを有するものである。また、手前にある輝点の直線軌跡が、奥にある輝点の直線軌跡を多い隠すという、オクルージョン関係も存在する。

【0062】従って、ある輝点の多視点画像は、その輝点の多視点画像におけるEPI上において、直線の傾き k と横軸 x との切片 x_0 によって定義される。換言すれば、1つの輝点の複数の多視点画像データは、その輝点の画素値（濃度値もしくは色データ値）と共に、データ k と x_0 とに圧縮されることになる。1つのEPIには、通常、複数の輝点が含まれる。従って、第3図の直線を抽出するためには、複数の画像データの中から、同じ輝点に由来するものだけを同定しなければならない。この同定の処理を、本実施形態では、輝点に対応する複数の点によって表される軌跡を検出するという意味で、「対応点軌跡の検出」と呼ぶ。また、検出された軌跡を表す直線のデータ、上述の k と x_0 とを「軌跡データ」と呼ぶ。尚、軌跡データには、後述するように、「奥行きデータ」も含まれる。

【0063】第4図に画像処理装置100における処理の概略を示す。第4図中、カメラ22からの多視点画像に基づいて、対応点の軌跡が検出され、続いて軌跡データに圧縮される。即ち、被写体の全ての輝点についての軌跡データが得られる。これらの軌跡データはパラメトリックデータとしてファイルに記憶される。

【0064】以上が、多視点画像を取得し、それをパラメトリックデータとしての記憶するまでの処理である。実際に立体視するとき、観察者の視点に応じて多視点画像データを補正しなければならないから、その補正処理、即ち内挿処理が第4図に示されている。即ち、立体視を行うときは、ファイルからパラメトリックデータが読み取られ、軌跡データに伸張される。その上で、検出器80によって検出された観察者の視点が入力されて、内挿処理が行われる。この内挿処理は、視点位置の変化に応じてリアルタイムで行われる必要があるために、本

実施形態では「オンデマンド内挿表示」処理と呼ぶ。

【0065】これから説明する実施形態に係る画像処理装置は、軌跡の検出に特徴ある処理を行うもの、或いは内挿処理に特徴ある処理を行うものが含まれる。

〈第1実施形態〉第6図は第1実施形態の画像処理装置100の構成、即ち、対応点軌跡検出部50とオンデマンド内挿表示部60の構成を示す図である。

【0066】先ず、対応点軌跡検出部50について説明する。図中、画像メモリ11は、多眼カメラ22によって撮影した複数の画像を記憶する。メモリ11の記憶データは、左右に直線上に並んだ多数の視点から得た被写体の多視点画像である。対応点軌跡判定部12はメモリ11中の多視点画像をスキャンし、直線状の軌跡を有する輝点像を探索する。この探索は係数制御部13から送られてくる係数によって制御される。メモリ14は、軌跡判定部12が検出した輝点 n の軌跡の係数(k_n と x_{0n})および同輝点 n の濃淡値 D_n を記憶する。

【0067】係数制御部13が生成する係数は、1組の傾き k と切片 x_0 の値である。前述したように、被写体の1つの輝点のEPIは、傾き k と切片の x_0 によって定義できるので、判定部における探索は、係数制御部13から送られてくる1組の傾き k と切片 x_0 によって定義される直線に載るような輝点の画像を探索することに等しい。

【0068】軌跡判定部12における判定には2つの閾値が用いられる。この閾値を制御するのが閾値制御部15である。メモリ16は、軌跡判定部12が検出した対応点軌跡の画像中での位置と検出した条件とを保持する。データ出力部17はメモリ14に記憶された対応点軌跡係数を出力する。オンデマンド内挿表示部60は、データ入力部30と、対応点軌跡内挿部31と、画像表示部33と、視点位置入力部32とを有する。

【0069】データ入力部110はパラメトリックデータをファイル40から入力する。対応点軌跡内挿部31は、観察者の実際の視点位置（視点位置入力部32が検出器80から入力した）にもとづいてデータ入力部30の対応点軌跡を内挿することにより、その視点から見える画像を生成する。こうして生成された立体画像は画像表示部33によりスクリーン70に表示される。

【0070】次に、対応点軌跡内挿部31の動作をくわしく説明する。対応点軌跡内挿部31は視点検出器80から左右方向の視点位置 X_v を得る。もし、視点位置 X_v がカメラの位置に等しいならば、ファイル40のパラメトリックデータ（軌跡係数と濃淡値情報 D とからなる）の各水平ライン上のすべての輝点について、式1に基づいて、画像中の水平方向の表示位置を算出し、その表示位置に輝点の濃淡値 D を描画する。結果として、視点位置に対応した画像が1枚生成される。

【0071】視点位置 X_v がカメラの位置に等しくない場合、即ち、観察者の視点が任意の位置にある場合に

いて説明する。ここで、第7図に示すように、横方向視野角を f_{ov} とし、ある水平ライン中のある輝点 (X_1, Z_1) の水平方向の表示位置を x とすると、

【0072】

【数4】

$$x = \frac{X_1 - X_p}{Z_1 - Z_p} \cdot \cot \frac{f_{ov}}{2}$$

【0073】で表される。なお、表示スクリーン70および画像表示部33に、レンチキュラ方式やメガネ方式などの両眼立体視が可能な立体表示スクリーン及び立体画像表示部を用い、かつ、視点位置入力部32が左右おのおの目の位置に対応する視点パラメータを算出し、これに対応して対応点軌跡内挿部31が左右おのおの目に提示するための画像を生成することにより、カメラ列状において視点移動可能な両眼立体表示装置となる。

【0074】また、第1図のように、多眼カメラ22を被写体21の周りを囲む円周状に並べ、表示スクリーン70を円形上のディスプレイにすることで、全周方向からの映像を眺めることができる。

〈第1実施形態の第1変形例〉第1実施形態の立体視システムは、観察者の視点 P が、多眼カメラの撮影方向（方向が既知であれば、直線状あるいは曲線状であるを問わない）に平行に移動する場合において、立体視が維持できるものであった。次に、本発明を、前後左右に視点移動が可能であり、かつ、任意視線方向を眺めることのできる画像処理装置に適用した第1実施形態の第1変形例を示す。第1変形例では、第1実施形態の視点検出器80を観察者の目の位置及び視線方向を検出できる視線検出器に置き換える。また、これに伴い視点位置入力部32に関しても、観察者の目の位置及び視線方向に対応した視線情報を対応点軌跡内挿部31へ送るものに置き換える。さらに、対応点軌跡内挿部31の投影処理を以下に説明する処理に置き換える。

【0075】第8図は第1変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部31の投影計算の算出原理を示す図である。第1変形例においては、観察者の Z 方向への移動に追従して立体視を許すために、第8図に示すように、2つのカメラ列を設け、その2列のカメラ列の交点 B の座標を (X_b, Z_b) とする。図中、 P は観察者の視点の位置 (X_p, Z_p) を示し、観察者は Z 軸に対して θ^* 、そして直線 PB からは α 度だけずれた視線方向を見つめているとする。ただし、ファイル40には、パラメトリックデータとして、カメラ列1により撮影された画像から得られる輝点データとカメラ列2より撮影された画像から得られる輝点データとが保持されているものとする。

【0076】観察者が視点位置 P から視線方向 θ を眺めている場合には、第8図に示すように、表示面を左右2つの領域90、91に分け、画像の右側領域91にはカ

メラ列1により得られた輝点データにより輝点を投影し、画像の左側領域92はカメラ2により得られた輝点データにより輝点を投影する。これにより、観察者の視点位置、及び、視点方向に対応した1枚の画像が生成される。

【0077】ここで、第1実施形態と同じように、ある水平ライン中のある輝点の水平方向の表示位置を x 、視点位置を (X_p, Z_p) 、横方向視野角を f_{ov} とすると、表示位置 x は以下の5式で算出する。

【0078】

【数5】

$$x = \frac{X_1 - X_p}{Z_1 - Z_p} \cdot \cot \frac{f_{ov}}{2}$$

【0079】以上の動作により、カメラ列を円弧状に組み合わせることで、保持されている各画像を撮影した視点以外の場所に観察者が移動しても、すなわち多眼カメラ22の視点以外の前後左右の場所に観察者が移動しても、さらには、観察者が任意視線方向に視線を移動した場合でも、対応した対象物の画像を表示スクリーン70を通して眺めることができる。

【0080】第1変形例では、入力画像に上下方向の視差がないため、前後の視点移動に対して生成される画像には上下方向の歪みが生じる。被写体までの距離に応じて、画像の表示時に、上下方向に拡大縮小変換を行うことによりこの歪みを目立たなく補正することができる。

〈第1実施形態の第2変形例〉次に、第1実施形態の処理を高速に行う変形例を第2変形例として示す。第2変形例では、第1変形例の対応点軌跡内挿部31の投影処理を第9図に説明するものに置き換える。

【0081】第9図において、生成像の左右2つの領域について、それぞれ画像生成に必要な輝点の領域を示している。第1変形例においては、輝点を投影する際に全ての輝点を描画するが、第2変形例においては、図に示すように、輝点の集合をいくつかのブロック領域に領域分割し、視野に含まれる領域内の点のみを描画し、視野からはみ出る領域内の点は描画しないようにする。

【0082】この処理により、画像を生成する上で不要な輝点の投影処理を省くことができるため、本実施形態では高速に対応輝点投影処理を行うことができ、よりスムーズな視線変化が可能になる。

〈第1実施形態の第3変形例〉次に、本発明を、前後上下方向に視点移動可能な画像処理装置に適用した第3変形例を示す。第3変形例では、第2変形例の対応点軌跡検出部18の検出処理、オンデマンド内挿表示部60の投影処理を以下に説明する処理に置き換える。

【0083】まず、対応点軌跡検出部18の動作を説明する。第3変形例では、メモリ11の入力画像は、左右上下に平面状に並んだ視点から撮影された画像である。

このため、ある輝点の像の軌跡は、入力多視点画像保持部11の多視点画像がなす4次元画像空間中の平面となる。したがって、対応点軌跡判定部12の対応点軌跡判定処理は、この入力4次元画像空間中の平面判定処理に等しい。

【0084】左右方向及び観察者の見つめる方向を、第1実施形態と同じように、X軸、Z軸をとり、さらに、上下方向にY軸をとると、前記4次元空間は、XYZの三次元と、表示位置のx軸の4次元空間である。輝点位置を表す平面は以下の6式で表される。

【0085】

【数6】

$$(X_1, Y_1) = (x_0 + k \cdot X_p, y_0 + k \cdot Y_p)$$

【0086】ここで、視点位置、軌跡上の輝点位置、軌跡の位置、傾きは、それぞれ

$$(X_p, Y_p), (X_1, Y_1), (x_0, y_0), k$$

である。第3変形例の軌跡係数制御部13の算出する軌跡係数は、平面の位置と傾きを示す (x_0, y_0, k) の3つの係数の組みとなる。対応点軌跡判定部12は軌跡係数制御部13および判定しきい値制御部15に順次制御され、画像空間中で平面上の軌跡を判定し、検出した平面の係数を検出軌跡記憶部14に記憶する。データ出力部17によって出力されるパラメトリックデータは、検出された平面上軌跡の枚数分の、輝点の座標値である。

【0087】ここで、焦点距離を f 、画像ピッチを p とすると、この平面に対応する輝点の座標 (X_1, Y_1, Z_1) は以下の7式で算出する。

【0088】

【数7】

$$(X_1, Y_1, Z_1) = \left(-\frac{x_0}{k}, -\frac{y_0}{k}, -\frac{f}{p \cdot k} \right)$$

【0089】次に本実施形態のオンデマンド内挿表示部50の処理について説明する。対応点軌跡内挿部31は、視点位置を (X_p, Y_p, Z_p) 、横方向視野角をそれぞれ f_{ovx}, f_{ovy} とすると、パラメトリックデータの輝点の表示位置 (x, y) を以下の8式を用いて計算する。

【0090】

【数8】

$$(x, y) = \left(\frac{X_1 - X_p}{Z_1 - Z_p} \cdot \cot \frac{f_{ovx}}{2}, \frac{Y_1 - Y_p}{Z_1 - Z_p} \cdot \cot \frac{f_{ovy}}{2} \right)$$

【0091】第3変形例では、入力画像が上下方向の視差を持つため、第1変形例、および第2変形例で生じた

ような上下方向の画像の歪みを生じない。

〈更なる変形例〉以上の実施形態及び変形例では、あらかじめ撮影された多視点画像が入力多視点画像保持部11に保持されている構成としたが、これを、多視点画像を実時間で取り込むことのできる多眼テレビカメラに置き換えることにより、実時間の任意視線画像撮影・表示システムとなる。

【0092】さらに、パラメトリックデータ19を通信データとして遠隔端末間でやり取りする場合、実時間の任意視線画像通信システムとなる。なお、本発明は単体の画像処理装置に適用しても良いし、多視点テレビ、多視点テレビ電話端末や多視点テレビ会議システムのようなシステム機器に適用しても良いし、コンピュータや他の画像処理装置と組み合わせた複号装置にも適用できる。

【0093】前記第1実施形態とその3つの変形例は本発明の基本的な実施形態である。これから説明する第2実施形態は主に、前記第1実施形態に対する圧縮処理の改良に関するものである。

〈第2実施形態〉第2実施形態の画像処理装置の構成を第10図に示す。第2実施形態のシステム構成は、第1実施形態のそれ(第4図)に対して、対応点の軌跡データを圧縮する軌跡データ圧縮部110と圧縮された軌跡データを伸張する軌跡データ伸張部120が付加されている点を除けば同じであって、例えば、EP1を用いる点も共通している。

【0094】まず、軌跡データ圧縮部120の構成について説明する。軌跡データ圧縮部110は、軌跡検出部50とファイル40の間におかれ、検出部50内の検出軌跡メモリ24のデータを圧縮してファイル40に送る。第11図は、第2実施形態の軌跡検出部50の構成を示す。第12図は第2実施形態の画像処理装置の軌跡データ圧縮部110の構成を示す図である。図中、分解部111は、対応点軌跡検出部50のメモリ24から出力される直線データを、後述するXK平面上での輝点位置データ (k_n, x_{on}) と輝点の濃淡値データ (D_n) とに分解し、前者を輝点位置符号化部112に、後者を輝点濃淡値符号化部113に送る。輝点位置符号化部112は直線データ分解部111で得られた輝点位置データ (k_n, x_{on}) を符号化する。輝点濃淡値符号化部113は輝点濃淡値データ (D_n) を符号化する。符号化データ統合部114は輝点位置符号化部112と輝点濃淡値符号化部113で符号化されたデータを統合してファイル40に出力する。

【0095】軌跡データ圧縮部110の動作を説明する。メモリ24に記憶されているデータは、直線の切片位置 x_{on} と傾き k_n と色 D_n の組みである。入力されたこれらのデータは、直線データ分解部41においてXK平面上での輝点位置データと輝点の濃淡値データに分解される。ここでいうXK平面とは、第13図に示すよう

に、直線の位置(X)と傾き(K)をそれぞれ直交する軸にとった平面のことである。1つの軌跡を表す直線データは、XK平面上では濃淡値D₀を持った点として表すことができる。もしEPIの個数が仮に480とすれば、XK平面には480個の点が存在する。

【0096】直線データ分解部111は、直線を多をXK平面上で輝点位置データに分解する。輝点位置データに分解するとは、各EPI上で検出されたすべての直線データをXK平面上にマッピングし、このXK平面を所定の分解能で離散化(量子化)して、この平面上に点が存在するかどうかを1/0で表すということである。第13図の軌跡データを離散化した結果を第14図に示す。

【0097】第2実施形態の量子化の根拠を説明する。第2実施形態の対応点軌跡検出部42(第11図)は、直線の傾きを検出する際に、傾きの最小ステップS幅を設定する。この最小ステップ幅の値からXK平面での輝点間の最小間隔を決定することができる。直線データ分解部111がこの決定した最小間隔で平面を離散化(量子化)することにより、量子化で失われる情報量を少なくすることが出来る。また、量子化された輝点の存在範囲は、検出された直線から予め分かるので、すべての輝点を包括する最小の矩形で平面をクリッピングすることによって、輝点位置のデータ量を低減することができる。第15図はXK平面の離散化・クリッピング処理を示している。矩形領域は、第15図に示すように、最も左上の点ULと最も右下の点LRによって表される。

【0098】このようにして得られた輝点位置データを輝点位置符号化部112は、例えばハフマン(MH)符号化などで符号化する。これと同時に、クリッピングした矩形を一意に特定できる2点(ULとLR)の座標値も符号化する。ここでは符号化方式としてMH符号化を用いたが、MR符号化、MMR符号化、算術符号化等が良い。

【0099】また、直線データ分解部111は、輝点の軌跡を濃淡値データに分解する。濃淡値データに分解するとは、第15図のように示された輝点位置データをX方向を主走査方向としK方向を副走査方向として走査して、存在する点の順番に従い、対応する輝点の濃淡値を、第16図に示すように、羅列して表すということである。ここではMH符号化を適用したので、この方式の符号化順序に従っている。走査方向を符号化の方向と一致させたのは、符号化順序に従う方が輝点位置と後述する濃淡値の対応がとりやすいからである。

【0100】輝点濃淡値符号化部113では、輝点の濃淡値データを、一例としてRGB各色8ビットのデータとして考える。尚、対応点軌跡検出部50で使用する色空間はRGBの8ビットに限定するものでもない。輝点濃淡値符号化部113は、色データを、一例としてDP

CM(Differential Pulse Code Modulation)符号化法を適用して符号化する。但し、DPCM符号化をXK平面上で空間的に離れた位置にある任意の2点に適用するに際しては、これら2点の差分値はとらず、そのままのデータを符号化する。XK平面上で空間的に離れた位置にある任意の2点はまったく相関のないデータを表すので、相関のない2点のデータの差分を演算することは符号量の増加を招くので、差分値の符号化を行わないのである。

【0101】符号化データ統合部114は、輝点位置符号化部112と輝点濃淡値符号化部113で生成された符号データを統合し、パラメトリックデータとしてファイル40に出力する。以上のように第2実施形態を構成することにより、対応点軌跡検出部50からの出力を第1実施形態のようにそのままの状態でも保持するよりも、より少ない情報量でデータを保持することができ、機器に必要なメモリ量が少なくてすむという利点がある。

【0102】第17図は第2実施形態の画像処理装置の軌跡データ伸長部120の構成を示す図である。図中、符号化データ分解部121は、ファイル40から入力されたパラメトリックデータを、輝点位置の符号化データと輝点濃淡値のデータとに分解して、2つの復号化部122、123に出力する。輝点位置復号化部122は符号化データ分解部121で得られた輝点位置の符号化データを復号する。輝点濃淡値復号化部123は符号化データ分解部121で得られた輝点濃淡値データDを復号する。統合部124は輝点位置復号化部122と輝点濃淡値復号化部123で復号されたデータを統合して直線データとして出力する。

【0103】軌跡データ伸長部120では、軌跡データ圧縮部110での処理と全く逆の処理が行われる。まず、符号化データ分解部121ではパラメトリックデータを読み込み、輝点位置データと輝点濃淡値データとに分解する。輝点位置復号化部122では輝点位置符号データを、また輝点濃淡値復号化部123では輝点濃淡値データを復号し、直線データ統合部124においてこれらを直線データとして統合する。

【0104】第18図は第2実施形態の画像処理装置のオンデマンド内挿表示部60の構成を示す図である。第2実施形態のオンデマンド内挿表示部60の構成は第1実施形態のそれ(第6図)と同じである。表示スクリーン70を眺める利用者が頭の位置を変えて視点移動させると、視点検出器80の信号が変化する。視点位置入力部32は、この変化を受けて、視点位置を対応点軌跡内挿部31へ送る。対応点軌跡内挿部31は視点位置を受けると、視点移動に対応した新たな画像の生成を行い、画像表示部33へ画像を送る。画像表示部33は表示スクリーン70へ画像を表示する。

【0105】次に、対応点軌跡内挿部31の動作をくわしく説明する。対応点軌跡内挿部31は視点検出器80

から左右方向の視点位置 X_0 を得る。一方、対応点軌跡内挿部31は、パラメトリックデータの各水平ラインのすべての対応点軌跡について、輝点の画像中の水平方向の表示位置 x を算出し、その表示位置 x に輝点の濃淡値 D を描画する。結果として、視点位置に対応した画像が1枚生成される。

【0106】ここで、ある水平ライン中のある輝点の水平方向(X方向)の表示位置を x 、対応点軌跡の直線位置を x_0 、直線傾きを k 、視点位置を X_0 とすると、

【0107】

【数9】

$$x = x_0 + k \cdot X_0$$

【0108】が得られる。なお、第2実施形態で、表示スクリーン70および画像表示部33に、レンチキュラ方式やメガネ方式などの両眼立体視が可能な立体表示スクリーン及び立体画像表示部を用い、かつ、視点位置入力部32が左右おのおの目の位置に対応する視点パラメータを算出するように変形することは、第1実施形態と同じように可能である。この変形に対応して対応点軌跡内挿部31が左右おのおの目に提示するための画像を生成することにより、前後左右に視点移動可能な両眼立体表示装置となる。

【0109】〈第2実施形態の第1変形例〉第2実施形態中の軌跡データ圧縮部110では、直線データを輝点位置データと輝点濃淡値データに分解してそれぞれを符号化した。その輝点濃淡値をベクトル量子化を用いて符号化することも可能である。第19図は、この第1変形例で用いられるデータの構成を表す図である。

【0110】軌跡データの傾き k は実際には整数値のみならず、多くは少数で表される値である。前述したように、第2実施形態の対応点軌跡検出部50は検出する直線の傾きのステップ S 幅を固定値(ΔS)としているため、検出された任意の直線の傾き k は、 ΔS の整数倍(N)で表現可能である。ここでは、任意の k を、

【0111】

【数10】 $k = \Delta S \cdot N$

で表すことにする。第19図は、第2実施形態の検出部50によって生成される軌跡データを示す。また、検出された各輝点の色データを順に並べたテーブルを第20図に示す。第19図の軌跡位置データと第20図の色データとは、インデックスの値でリンクされている。また、第19図において、 x_0 は輝点のX方向の切片位置を示し、 N は式10に従って k を量子化したときの N である。

【0112】第19図のテーブルは、傾き k が整数値に量子化されたことによって情報圧縮がなされた。また、この色データに対してベクトル量子化を行うことにより、データ量を画像の種類によらず一定にしたい場合などに有効である。ベクトル量子化に用いるテーブルは、

画像ごとに用意して、符号データと一緒に蓄積あるいは伝送してもよいし、一般的なテーブルを用意して全ての画像に適用してもよい。

【0113】〈第2実施形態の第2変形例〉次に、第2実施形態の画像処理装置を、前後左右に視点移動可能な立体視システムに適用した例を第2変形例として示す。この第2変形例のシステム構成は、第10図、第11図の通りである。そこで、第2変形例では、第2実施形態の対応点軌跡内挿部31の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。

【0114】第21図は第2変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部31の内挿計算の算出原理を示す図である。図中、ある輝点200(X_1, Z_1)が(+X, +Z)だけずれた点201へXZ空間で移動する場合を考える。カメラ22の光学系の焦点距離を f とすると、Z軸の距離 f のところに撮像面が存在し、その撮像面においては画素ピッチは p であるとする。

【0115】輝点200(X_1, Z_1)は撮像面においては x_0 位置にある。輝点200(X_1, Z_1)が(+X, +Z)だけXZ空間で移動すると、画像の表示位置は202 x_0 から203 x に移動する。 x_0 位置が、視点位置(0, 0)の仮想的なカメラの撮像面に投影されているとする。投影される位置は、直線の切片位置 x_0 に相当する。このとき、視点位置が移動した場合の、輝点の像の移動を考える。

【0116】視点202がある方向へ移動することは、逆方向へ輝点200が移動することと等価である。この原理を利用して、輝点200が移動量(+X, +Z)だけ移動した場合の移動後の像203(x)を式11に従って求める。

【0117】

【数11】

$$x = \frac{x_0 + k \cdot X_1}{1 - k \cdot a \cdot Z_1}$$

【0118】但し、式11中の k 、 a は、

【0119】

【数12】

$$k = \frac{f}{p \cdot Z_1}$$

【0120】

【数13】

$$a = \frac{f}{p}$$

【0121】で表すことが出来る。尚、式11は、第21図において、

【0122】

【数14】

$$\frac{X_1}{Z_1} = \frac{p \cdot x_0}{f}$$

【0123】

【数15】

$$\frac{X_1}{Z_1} = \frac{p \cdot x_0}{f}$$

【0124】を解くことにより導かれる。式11を用いることにより、視点移動(-X, -Z)に対応した、移動後の像x203を求めることができる。次に第2変形例の対応点軌跡内挿部31の動作を説明する。視点検出器80は左右前後の視点位置(-X, -Z)を対応点軌跡内挿部31へ送る。対応点軌跡内挿部31は、パラメトリックデータの各水平ラインのすべての対応点軌跡について11式を計算することにより、前後左右の視点移動に対応した画像を生成する。

【0125】第2変形例では、入力画像に上下方向の視差がないため、前後の視点移動に対して生成される画像には上下方向の歪みが生じる。被写体までの距離に応じて、画像の表示時に、上下方向に拡大縮小変換を行うことによりこの歪みを目立たなく補正することができる。

〈第2実施形態の第3変形例〉次に、第2実施形態の処理を高速に行うという観点からの提案を第3変形例として示す。この第3変形例では、第2実施形態の対応点軌跡内挿部31の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。

【0126】第2図は第3実施形態の第3変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部31の高速計算処理を示すフローチャートである。はじめに、本実施形態の対応点軌跡内挿部31の内挿処理の原理を説明する。前述の第2変形例の11式は以下の16式に変形できる。

【0127】

【数16】

$$x = \frac{\frac{x_0}{k} + X_1}{\frac{1}{k} - a \cdot Z_1}$$

【0128】ここで、x', k', Z'を式17、式18、式19のように定義すると、式16は、式20のように変形される。

【0129】

【数17】

$$x' = \frac{x_0}{k}$$

【0130】

【数18】

$$k' = \frac{1}{k}$$

【0131】

【数19】

$$Z' = a \cdot Z$$

【0132】

【数20】

$$x = \frac{x' + X}{k' + Z'}$$

【0133】ここで、x'およびk'は視点位置に依存しないため、あらかじめ計算しておくことができる。また、Z'は対応点軌跡に依存しないため、視点位置の変化に対して1回だけ計算すればよい。次に、第2実施形態の第3変形例の対応点軌跡内挿部31の内挿処理の動作を説明する。

【0134】対応点軌跡内挿部31はまず第2図のステップS111およびステップS112において、すべての対応点の軌跡係数(kとx₀)について、それぞれx'およびk'を式17、式18を用いて求める。次にステップS113で、視点位置(X₀, Z₀)を視点位置入力部32から取得し、ステップS114において、視点位置が変化することに1回だけ、式19を用いてZ'を計算する。そして、各水平ラインの全ての対応点軌跡係数について、ステップS115で式20を用いて輝点の表示位置を算出し、ステップS116で輝点の濃淡値を描画する。

【0135】以上の処理により、本実施形態では高速に対応点軌跡内挿処理を行うことができ、よりスムーズな視点移動が可能になるという実施形態特有の効果があ

る。

〈第2実施形態の第4変形例〉次に、本発明を、前後上下左右に視点移動可能な画像処理装置に適用した例を、第2実施形態の第4変形例として示す。この第4変形例は前後左右上下に視点移動可能であるという観点から、第1実施形態の第3変形例に相当する。本第4変形例では、第1変形例の対応点軌跡検出部50の検出処理、オンデマンド内挿表示部60の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。

【0136】まず、変形された対応点軌跡検出部50の動作を説明する。第2変形例では、入力画像は、左右上下に平面上に並んだ視点から撮影された画像であった。このため、ある輝点の像の軌跡は、メモリ41(第11図を参照)の多視点画像がなす4次元画像空間中の平面

となる。したがって、対応点軌跡判定部42の対応点軌跡判定処理は、この入力4次元画像空間中の平面判定処理に等しい。

【0137】左右方向及び観察者の見つめる方向を、第1実施形態と同じように、X軸、Z軸にとり、さらに、上下方向にY軸をとると、前記4次元空間は、XYZの三次元と、表示位置のx軸の4次元空間である。輝点位置を表す平面は以下の21式で表される。

【0138】

【数21】

$$(X_1, Y_1) = (x_0 + k \cdot X_p, y_0 + k \cdot Y_p)$$

【0139】ここで、視点位置、軌跡上の輝点位置、軌跡の位置、傾きは、それぞれ

(X_0, Y_0) 、 (X_1, Y_1) 、 (x_0, y_0) 、 k

である。第4変形例の軌跡係数制御部33(第11図)の算出する軌跡係数は、平面の位置と傾きを示す

(x_0, y_0, k) の3つの係数の組みとなる。対応点軌跡判定部32は軌跡係数制御部33および判定しきい値制御部35に順次制御され、画像空間中で平面上の軌跡を判定し、検出した平面の係数を検出軌跡記憶部34に記憶する。圧縮部110によって出力されるパラメトリックデータは、検出された平面上軌跡の枚数分の、輝点の座標値である。

【0140】次に第4変形例のオンデマンド内挿表示部60の処理について説明する。第4変形例のオンデマンド内挿表示部60の構成は第1実施形態のそれ(第6図)と同じである。対応点軌跡内挿部31のステップS111は、上記の17式に加えて、以下の22式を計算する。

【0141】

【数22】

$$y' = \frac{y_0}{k}$$

【0142】また、ステップS115では、以下の23式を用いて、輝点の表示位置 (x, y) を計算する。

【0143】

【数23】

$$(x, y) = \left(\frac{x' + X_1}{k' + Z_1}, y' + Y_1 \right)$$

【0144】ステップS116では、表示位置に合わせて輝点の濃淡値を描画する。第4変形例では、入力画像が上下方向の視差を持つため、第2変形例、および第3変形例で生じたような上下方向の画像の歪みが生じない、という実施形態特有の効果がある。

(第2実施形態の他の変形) 第2実施形態、第1変形例

では、各XK平面ごとに輝点データ(直線データ)を符号化しているが、隣り合ったXK平面間の相関を使って符号化することが可能である。この場合は、既に処理済みXK平面の輝点位置データを参照テンプレートとし、今処理しているXK平面の輝点位置データを算術符号化あるいはこれと類似の符号化、例えば、2値画像の符号化標準方式であるQMコードなどを用いると、符号化効率がよい。輝点濃淡値データに関しても、隣接するXK平面間では相関が非常に強いので、隣接するXK平面間で濃淡値データの差分をとり、符号化すると符号化効率が向上する。

【0145】パラメトリックデータを通信データとして遠隔端末間でやり取りする場合、実時間の任意視点画像通信システムとなる。なお、本発明は単体の画像処理装置に適用しても良いし、多視点テレビ、多視点テレビ電話端末や多視点テレビ会議システムのようなシステム機器に適用しても良いし、コンピュータや他の画像処理装置と組み合わせた複合装置にも適用できる。

【0146】次に説明する第3実施形態は、表示装置の差異による表示速度の差が大きくなる工夫を行ったものである。

(第3実施形態) 第23図は第3実施形態の画像処理装置100の構成を示す図である。第3実施形態の画像処理装置100も、第1実施形態、第2実施形態と同様に、軌跡検出部50と内挿表示部60とを有する。軌跡検出部50の構成は、軌跡データ階層化部217を除いて、第1実施形態、第2実施形態と異なる点がない。

【0147】軌跡データ階層化部217はメモリ214に記憶された対応点軌跡係数を多段階のデータ構造にする。その結果、データ出力部219は、軌跡データ階層化部17で階層的なデータ構造にされた軌跡係数を出力する。次に、第3実施形態の動作の概略を説明する。対応点軌跡検出部50は、カメラ22から多視点画像を受け取り、パラメトリックデータを出力する。オンデマンド内挿表示部60はパラメトリックデータをファイル40から受け取り、利用者の視点位置の変化に応じて表示スクリーン70に画像を表示する。パラメトリックデータは、任意視点表示に必要な十分な情報を含んでおり、そのデータ量は、考えられる視点移動に対応した画像を全て保持する場合に比べて、極めて小さい。さらに、表示装置の性能差に対応すべく、ファイル装置40においては、複数の解像度のデータを保持する。このような構成をとることにより、機器に必要なメモリ量が少なくて済み、表示装置の性能に依存しないという利点がある。

【0148】対応点軌跡検出部50の動作を説明する。メモリ211は多視点画像を保持する。軌跡係数制御部213は、被写空間中の仮想的な輝点を順次想定し、その輝点が多視点画像中で成す軌跡の係数を算出する。対

対応点軌跡判定部212は軌跡係数制御部13の軌跡係数が示す軌跡がメモリ211の画像中に存在するかどうか判定する。この時、判定閾値制御部15は対応点軌跡判定部212の判定条件を順次制御する。対応点軌跡判定部212は検出した対応点軌跡の係数をメモリ214に記憶する。また、同時に、検出した対応点軌跡の、画像中での位置や条件を検出マーク配列保持部216に記憶し、後の軌跡判定時に利用する。対応点軌跡判定部212の処理が終了すると、軌跡データ階層化部217は、メモリ214に記憶された対応点軌跡係数をもとに、解像度を下げた場合に相当する対応点軌跡係数を算出し、メモリ214に追記録する。データ出力部219はメモリ214の値をパラメトリックデータとしてファイル40に出力する。

【0149】次にオンデマンド内挿表示部60の動作を説明する。データ入力部311はパラメトリックデータをファイル40から入力して対応点軌跡内挿部312へ送る。この時、入力されたデータを全てではなく、表示装置316に予め設定されているランクに応じたデータ解像度の軌跡係数だけを伝送する。表示スクリーン70を眺める利用者が頭の位置を変えて視点を移動させると、視点検出器80の信号が変化する。視点位置入力部315は、この変化を受けて、視点位置を対応点軌跡内挿部312へ送る。対応点軌跡内挿部312は視点位置を受けると、視点移動に対応した新たな画像の生成を行い、画像表示部316へ画像を送る。画像表示部316は表示スクリーン70へ画像を表示する。

【0150】次に、対応点軌跡判定部312の動作を詳しく説明する。対応点軌跡判定部312はまず、メモリ211の入力画像から、ある水平ラインに注目し、そのラインのエピポーラ・プレーン画像(EPI)を作成する。第3実施形態がEPIに基づいて軌跡データを生成することは、第1実施形態、第2実施形態と同じである。

【0151】軌跡係数制御部213は、軌跡直線の位置 X_0 と傾き k の2つの係数の組みである軌跡係数を、考えられるもの全てを順次想定し、算出する。対応点軌跡判定部212は、まず算出された直線上に対応するEPI上で、未処理の画素が存在するかどうか探索する。未処理の画素が見つかった場合、その画素の濃淡値と、直線上の他の画素間の濃淡値の例えば差分値及び判定閾値制御部215によって制御された閾値以下となるかどうか判定する。閾値以下の場合、この直線上のすべての画素に対して、検出マーク配列保持部16に検出済として検出された直線の傾き(実行き情報)を記録する。そして、軌跡係数(直線の位置と傾き)及び対応点の濃淡値情報(例えば対応点の濃淡値の平均値)をメモリ214に記憶する。データ出力部219によって出力されるパラメトリックデータは、各水平ラインごとの、検出された直線状軌跡の本数分の、直線の位置と傾きと濃淡値情

報の組みである。

【0152】次に、検出された軌跡を記憶するメモリ214について第24図を用いて詳しく説明する。第24図はメモリ214に記憶される1つの情報単位を示す。1つの単位は、対応点軌跡判定部212が検出した直線の切片位置 x_0 、傾き k 、色 D を記憶する。第25図は、メモリ214の空間を示す。メモリ214の空間の任意の位置は、横軸と縦軸によって指定される。一例として横軸を直線の切片位置 x_0 とし、縦軸を直線の傾き k とする。メモリ214の任意番地 (x_{0n}, k_n) には、その深さ方向に、直線 (x_{0n}, k_n) が表す輝点の色の濃度値及び存在の有無情報が記憶される。即ち、メモリ214の1ワードは、色濃度がRGBの各々について各8ビットならば、25ビット(=8ビット×3+1ビット)の長さを有する。

【0153】第25図に示すように、メモリ214には、画像のサイズや被写体までの距離などに応じて、同じ被写体の複数通りの軌跡データが記憶されている。第25図の例では、画像のサイズや被写体までの距離などに応じて、一例として4通りの領域が設けられている。即ち、画像のサイズや被写体までの距離が変わると、解像度が変化する。そこで、所定距離にある被写体の画像について所定のサイズを設定し、そのときの解像度を「タイプ1倍」と呼び、その半分の解像度を「タイプ1/2倍」、さらに半分の解像度を「タイプ1/4倍」、さらに半分の解像度を「タイプ1/8倍」と呼ぶものとする。

【0154】すると、ある任意の輝点の直線 (x_{0n}, k_n) が「タイプ1倍」であるならば、その「タイプ1/2倍」の軌跡データは $(x_{0n}/2, k_n/2)$ 、「タイプ1/4倍」の軌跡データは $(x_{0n}/4, k_n/4)$ 、「タイプ1/8倍」の軌跡データは $(x_{0n}/8, k_n/8)$ となる。メモリ214に記録されている軌跡係数データの解像度毎に階層化する方法を説明する。

【0155】対応点軌跡判定部212により検出された対応点軌跡は、まず、メモリ214の解像度タイプ1の領域231に記憶される。この解像度タイプ1のデータを最大解像度のデータとする。この解像度「タイプ1」のデータを $1/m$ の解像度にさげるには、領域231を、 $m \times m$ のマス毎に区切り、各区分画において、その区分画内の全画素の濃度値の平均値を計算し、それを解像度のタイプ $1/m$ の領域に記録する。この解像度を下げる処理を $1/m = 1/2, 1/4, 1/8$ で行い、第25図のような階層的なデータ構造にする。

【0156】ここで、対応点軌跡判定部212が行う解像度変換は通常の解像度変換ではなく、値を持つ画素だけ、即ち、有無を示すフラグが「有り」である画素だけを用いることに注意する。以上により、メモリ214は多段階解像度のデータ構成になり、解像度を下げたデータでは当然データ量も少なく、表示装置もしくは観察者の位置に応じた解像度データだけをファイル40に記憶

することが許され、記憶量が少なくて済む。また、データ量を少なくすることにより、内挿表示部60における表示時での負担を軽減できる。

【0157】次に、出力部219からファイル40に出力されるデータ構造について説明する。データ出力部219によって出力されるパラメトリックデータは、第26図に示すように、各水平ラインごとの、検出された直線状軌跡の本数分の、直線の位置 x_0 と傾き k の組みをバックにして、それを解像度毎に組み合わせた構造になっている。尚、カメラ22の画像空間が x 方向に l 個の画素を有するのであれば、1水平ライン毎に l 個の軌跡データを有する。

【0158】次に、データ入力部311の動作をくわしく説明する。入力されるパラメトリックデータは対応点軌跡係数の多段階解像度分のデータを含んでいる。そこで、データ入力部311は、対応点軌跡内挿部312の性能に併せて予め設定してある表示装置タイプに従って、適切な解像度のデータだけを対応点軌跡内挿部312に伝送する。この時、表示装置の解像度に合わせて、 y 方向の解像度を $1/m$ に調整することが必要な場合には、ファイル40からの元データのうち、0, m , $2m$, $3m$, $4m$, ...ラインのデータだけを用いる。このようにして、解像度を $1/m$ 倍した時のデータ量は、 y 方向について $1/m$ 倍、一つのライン y についても多少のデータ量削減（必ずしも $1/m$ にならない）が可能であり、表示時に計算する輝点の数も減る。したがって、計算スピードの劣る表示装置においても解像度を下げることで高速表示を実現できる。

【0159】次に、対応点軌跡内挿部312の動作を詳しく説明する。対応点軌跡内挿部312は視点検出器80から左右方向の視点位置を得る。そして、パラメトリックデータの各水平ラインの全ての対応点軌跡について、輝点の画像中の水平方向の表示位置を算出し、その表示位置に輝点の濃淡値を描画する。結果として、視点位置に対応した画像が1枚生成される。

【0160】ここで、ある水平ライン中のある輝点の水平方向の表示位置、対応点軌跡の直線の切片位置、直線傾き、視点位置をそれぞれ、 X_1 , x_0 , k , X_0 とすると、表示位置は以下の24式で算出する。

【0161】

【数24】

$$x = k \cdot X + x_0$$

【0162】ただし、輝点の大きさは解像度により変化する。解像度が最大の時には、輝点のサイズは 1×1 で、解像度が $1/2$, $1/4$ となるに従って 2×2 , 4×4 と輝点のサイズは大きくなる。なお、表示スクリーン70および画像表示部に、レンチキュラ方式やメガネ方式などの両眼立体視が可能な立体表示スクリーン及び

立体画像表示部を用い、かつ、視点位置入力部315が左右おのこの目の位置に対応する視点パラメータを算出し、これに対応して対応点軌跡内挿部312が左右おのこの目の目に提示するための画像を生成することにより、前後左右に視点移動可能な両眼立体表示装置となる。

【0163】（第3実施形態の第1変形例）次に、第3実施形態の画像処理装置を、前後左右に視点移動可能な画像処理装置に適用した例を第1変形例として示す。この第1変形例では、第3実施形態の対応点軌跡内挿部312の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。第27図は第1変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部331の内挿計算の算出原理を示す図である。

【0164】図中、ある輝点451 (X_1 , Z_1) が ($+X$, $+Z$) だけずれた点452へ XZ 空間で移動する場合を考える。カメラ22の光学系の焦点距離を f とすると、 Z 軸の距離 f のところに撮像面が存在し、その撮像面においては画素ピッチは p であるとする。輝点451 (X_1 , Z_1) は撮像面においては x_0 位置にある。輝点451 (X_1 , Z_1) が ($+X$, $+Z$) だけ XZ 空間で移動すると、画像の表示位置は455の x_0 から456の x に移動する。 x_0 位置が、視点位置 (0 , 0) の仮想的なカメラの撮像面に投影されているとする。投影される位置は、直線の切片位置 x_0 に相当する。このとき、視点位置が移動した場合の、輝点の像の移動を考える。

【0165】視点455がある方向へ移動することは、逆方向へ輝点451が移動することと等価である。この原理を利用して、輝点451が移動量 ($+X$, $+Z$) だけ移動した場合の移動後の像455 (x) を式25に従って求める。

【0166】

【数25】

$$x = \frac{x_0 + k \cdot X_1}{1 - k \cdot a \cdot Z_1}$$

【0167】但し、式25中の k , a は、

【0168】

【数26】

$$k = \frac{f}{p \cdot Z_1}$$

【0169】

【数27】

$$a = \frac{f}{p}$$

【0170】で表すことが出来る。尚、式25は、第2

7図において、
【0171】
【数28】

$$\frac{X_i}{Z_i} = \frac{p \cdot x_0}{f}$$

【0172】
【数29】

$$\frac{X_i}{Z_i} = \frac{p \cdot x_0}{f}$$

【0173】を解くことにより導かれる。式25を用いることにより、視点移動(-X、-Z)に対応した、移動後の像x456を求めることができる。第1変形例では、入力画像に上下方向の視差がないため、前後の視点移動に対して生成される画像には上下方向の歪みが生じる。被写体までの距離に応じて、画像の表示時に、上下方向に拡大縮小変換を行うことによりこの歪みを目立たなく補正することができる。

【0174】次に第1変形例の対応点軌跡内挿部312の動作を説明する。視点検出器80は左右前後の視点位置(-x、-z)を対応点軌跡内挿部312へ送る。対応点軌跡内挿部312は、パラメトリックデータの各水平ラインのすべての対応点軌跡について25式を計算することにより、前後左右の視点移動に対応した画像を生成する。

【0175】第1変形例では、入力画像に上下方向の視差がないため、前後の視点移動に対して生成される画像には上下方向の歪みが生じる。被写体までの距離に応じて、画像の表示時に、上下方向に拡大縮小変換を行うことによりこの歪みを目立たなく補正することができる。

(第3実施形態の第2変形例)次に、第3実施形態の処理を高速に行う例を第2変形例として示す。第2変形例では、第3実施形態の対応点軌跡内挿部312の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。

【0176】第28図は第2変形例の画像処理装置の対応点軌跡内挿部312の高速計算処理を示すフローチャートである。はじめに、第2変形例の対応点軌跡内挿部112による内挿処理の原理を説明する。前述の25式は以下の30式に変形できる。

【0177】
【数30】

$$x = \frac{\frac{x_0}{k} + X_i}{1 - a \cdot Z_i}$$

【0178】ここで、x'、k'、Z'を式31、式3

2、式33のように定義すると、式30は、式34のように変形される。

【0179】
【数31】

$$x' = \frac{x_0}{k}$$

【0180】
【数32】

$$k' = \frac{1}{k}$$

【0181】
【数33】

$$Z' = a \cdot Z$$

【0182】
【数34】

$$x = \frac{x' + X}{k' + Z'}$$

【0183】ここで、x'およびk'は視点位置に依存しないため、あらかじめ計算しておくことができる。また、Z'は対応点軌跡に依存しないため、視点位置の変化に対して1回だけ計算すればよい。次に、第3実施形態の第2変形例の対応点軌跡内挿部312の内挿処理の動作を説明する。

【0184】対応点軌跡内挿部312はまず第28図のステップS61およびステップS62において、すべての対応点の軌跡係数(kとx₀)について、それぞれx'およびk'を式31、式32を用いて求める。次にステップS63で、視点位置(X₀、Z₀)を視点位置入力部315から取得し、ステップS64において、視点位置が変化することに1回だけ、式33を用いてZ'を計算する。そして、各水平ラインの全ての対応点軌跡係数について、ステップS65で式34を用いて輝点の表示位置を算出し、ステップS66で輝点の濃淡値を描画する。

【0185】以上の処理により、本実施形態では高速に対応点軌跡内挿処理を行うことができ、よりスムーズな視点移動が可能になるという実施形態特有の効果がある。

(第3実施形態の第3変形例)次に、第3実施形態を、前後上下左右に視点移動可能な画像処理装置に適用した例を第3変形例として示す。本第3変形例では、第2変形例の対応点軌跡検出部50の検出処理、オンデマンド内挿表示部60の内挿処理を以下に説明する処理に置き換える。

【0186】まず、対応点軌跡検出部50の動作を説明する。本実施形態では、メモリ211の入力画像は、左

右上下に平面上に並んだ視点から撮影された画像である。このため、ある輝点の像の軌跡は、メモリ211の多視点画像がなす4次元画像空間中の平面となる。したがって、対応点軌跡判定部212の対応点軌跡判定処理は、この入力4次元画像空間中の平面判定処理に等しい。この平面は、以下の35式で表される。

【0187】

【数35】

$$(X_1, Y_1) = (x_0 + k \cdot X_p, y_0 + k \cdot Y_p)$$

【0188】ここで、視点位置、軌跡上の輝点位置、軌跡の位置、傾きは、それぞれ

(X_0, Y_0) 、 (X_1, Y_1) 、 (x_0, y_0) 、 k

である。第3変形例の軌跡係数制御部213（第23図）の算出する軌跡係数は、平面の位置と傾きを示す

(x_0, y_0, k) の3つの係数の組みとなる。対応点軌跡判定部212は軌跡係数制御部213および判定しきい値制御部215に順次制御され、画像空間中で平面上の軌跡を判定し、検出した平面の係数を検出軌跡記憶部214に記憶する。データ出力部219によって出力されるパラメトリックデータは、検出された平面上軌跡の枚数分の、輝点の座標値である。

【0189】次に第3変形例のオンデマンド内挿表示部60の処理について説明する。第3変形例のオンデマンド内挿表示部60の構成は第3実施形態のそれ（第23図）に同じである。対応点軌跡内挿部312のステップS61は、上記の31式に加えて、以下の36式を計算する。

【0190】

【数36】

$$y' = \frac{y_0}{k}$$

【0191】また、ステップS65では、以下の37式を用いて、輝点の表示位置 (x, y) を計算する。

【0192】

【数37】

$$(x, y) = \left(\frac{x' + X_1}{k' + Z_1}, y' + Y_1 \right)$$

【0193】ステップS66では、表示位置に合わせて輝点の濃淡値を描画する。第3変形例では、入力画像が上下方向の視差を持つため、第1変形例、および第2変形例で生じたような上下方向の画像の歪みが生じない、という実施形態特有の効果がある。

（第3実施形態の他の変形例）以上の第3実施形態及びその変形例では、あらかじめ撮影された多視点画像がメモリ211に保持されている構成としたが、これを、多

視点画像を実時間で取り込むことのできる多眼テレビカメラに置き換えることにより、実時間の任意視点画像撮影・表示システムとなる。

【0194】さらに、パラメトリックデータを通信データとして遠隔端末間でやり取りする場合、実時間の任意視点画像通信システムとなる。なお、本発明は単体の画像処理装置に適用しても良いし、多視点テレビ、多視点テレビ電話端末や多視点テレビ会議システムのようなシステム機器に適用しても良いし、コンピュータや他の画像処理装置と組み合わせた複合装置にも適用できる。

尚、本発明は、複数の機器から構成されるシステムに適用しても、1つの機器から成る装置に適用しても良い。また、本発明はシステム或は装置にプログラムを供給することによって達成される場合にも適用できることはいうまでもない。

【0195】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、観察者の目の位置等を検出し、観察者から見える画像を複数枚の画像から再構成することにより、観察者の視点移動、及びまたは、視線方向の変化に対応した画像をスムーズに出力することを可能にする。装置に必要な記憶容量も、考えられうる視点移動に対応した画像をすべて保持する場合に比べて、極めて少なくすむ。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の立体視システムの構成を示す図である。

【図2】第1実施形態～第3実施形態に用いられるエビポーラプレーン画像の生成過程を説明する図。

【図3】第1実施形態～第3実施形態に用いられるエビポーラプレーン画像において、輝点对応点の軌跡が直線で近似され、その直線が傾き及び切片の値によって表されることを示す図。

【図4】第1実施形態～第3実施形態の画像処理システムの概略的構成を示す図。

【図5】第1実施形態において、輝点位置とエビポーラプレーン画像の直線との関係を説明する図。

【図6】第1実施形態の画像処理装置の構成を示す図。

【図7】第1実施形態において、視点において観察者が視野角を有して観察する場合の輝点と視野角の関係を示す図。

【図8】第1実施形態の第1変形例におけるカメラ配列を説明する図。

【図9】第1実施形態の第2変形例における画像処理の手法を説明する図。

【図10】第2実施形態の構成を示すブロック図。

【図11】第2実施形態の軌跡検出部50の構成を示すブロック図。

【図12】第2実施形態の軌跡データ圧縮部の構成を示すブロック図。

【図13】第2実施形態における圧縮原理を説明する

図。

【図14】第2実施形態における圧縮原理を説明する図。

【図15】第2実施形態における圧縮原理を説明する図。

【図16】第2実施形態における圧縮原理を説明する図。

【図17】第2実施形態における伸張部の構成を説明する図。

【図18】第2実施形態のオンデマンド内挿表示部60の構成を説明する図。

【図19】第2実施形態の第1変形例における圧縮原理を説明する図。

【図20】第2実施形態の第1変形例における圧縮原理を説明する図。

【図21】第2実施形態の第2変形例における視点の移動に伴う輝点の移動を説明する図。 *

*【図22】第2実施形態の第3変形例の制御手順を示すフローチャート。

【図23】本発明の第3実施形態の画像処理を構成を示すブロック図。

【図24】第3実施形態における画像データの階層化原理を説明する図。

【図25】第3実施形態における画像データの階層化原理を説明する図。

【図26】第3実施形態における画像データの階層化原理を説明する図。

【図27】第3実施形態の第1変形例における視点の移動に伴う輝点の移動を説明する図。

【図28】第3実施形態の第2変形例の制御手順を示すフローチャート。

【図29】従来のエビボーラプレーン画像を説明する図。

フロントページの続き

(72)発明者 小野 英太

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内